



Yayan Sunarya  
Agus Setiabudi

# Mudah dan Aktif Belajar Kimia

untuk Kelas XII  
Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah  
Program Ilmu Pengetahuan Alam

3



PUSAT PERBUKUAN  
Departemen Pendidikan Nasional



Yayan Sunarya  
Agus Setiabudi



# Mudah dan Aktif Belajar Kimia

untuk Kelas XII  
Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah  
Program Ilmu Pengetahuan Alam

3



PUSAT PERBUKUAN  
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta Pada Departemen Pendidikan Nasional  
dilindungi oleh Undang-Undang

**Mudah dan Aktif Belajar Kimia**  
untuk Kelas XII Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah  
Program Ilmu Pengetahuan Alam

Penulis : Yayan Sunarya  
Agus Setiabudi  
Penyunting : Intan Permata Shariati  
Pewajah Isi : Adam Indrayana  
Pewajah Sampul : A. Purnama  
Pereka Ilustrasi : S. Riyadi  
Ukuran Buku : 21 x 29,7 cm

540.7

YAY  
m

YAYAN Sunarya

Mudah dan Aktif Belajar Kimia 3 : Untuk Kelas XII Sekolah Menengah Atas/  
Madrasah Aliyah Program Ilmu Pengetahuan Alam / penulis, Yayan Sunarya, Agus  
Setiabudi ; penyunting, Intan Permata Shariati, Yana Hidayat ; ilustrasi, S.  
Riyadi. — Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.  
viii, 298 hlm. : ilus. ; 30 cm.

Bibliografi : hlm. 297

Indeks

ISBN 978-979-068-721-9 (No. Jil Lengkap)

ISBN 978-979-068-724-0

1. Kimia-Studi dan Pengajaran I. Judul II. Agus Setiabudi  
III. Intan Permata Shariati V. S. Riyadi

Hak Cipta Buku ini dibeli oleh Departemen Pendidikan Nasional  
dari Penerbit Setia Purna Inves, PT

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan  
Departemen Pendidikan Nasional  
Tahun 2009

Diperbanyak oleh ....

# Kata Sambutan

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2009, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui situs internet (*website*) Jaringan Pendidikan Nasional.

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2007 tanggal 25 Juni 2007.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis/penerbit yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para siswa dan guru di seluruh Indonesia.

Buku-buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*down load*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun, untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Diharapkan bahwa buku teks pelajaran ini akan lebih mudah diakses sehingga siswa dan guru di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para siswa kami ucapkan selamat belajar dan manfaatkanlah buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, Juni 2009  
Kepala Pusat Perbukuan

# Kata Pengantar

Sampai saat ini, buku-buku kimia untuk SMA/MA yang berkualitas dirasakan masih kurang. Sementara itu, tuntutan terhadap pemahaman prinsip-prinsip ilmu Kimia sangat tinggi. Lebih-lebih perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang didasari oleh ilmu Kimia semakin menantang dan sangat bervariasi dalam aplikasinya. Oleh sebab itu, kami berharap dengan terbitnya buku ini, belajar kimia yang membutuhkan gabungan banyak konsep (baik konsep yang relevan dengan keterampilan maupun konsep baru) dan pengembangan keterampilan analisis bagi siswa SMA/MA dapat terpenuhi.

Ada dua hal yang berkaitan dengan Kimia, yaitu Kimia sebagai produk dan Kimia sebagai proses kerja ilmiah. Kimia sebagai produk adalah pengetahuan Kimia yang berupa fakta, konsep, prinsip, hukum, dan teori. Kimia sebagai proses kerja ilmiah merupakan penalaran (keterampilan) dari hasil penguasaan dalam pembelajaran materi secara praktis dan analisis.

Mata pelajaran Kimia di SMA/MA merupakan panduan untuk mempelajari segala sesuatu tentang zat yang meliputi komposisi, struktur dan sifat, perubahan, dinamika, dan energetika zat yang melibatkan konsep dan aplikasi. Oleh karena itu, ilmu Kimia banyak melibatkan konsep-konsep dan pengembangan keterampilan analisis.

Melihat pentingnya pelajaran Kimia di sekolah, penerbit mencoba menghadirkan buku yang dapat menjadi media belajar yang baik bagi Anda. Sebuah buku yang akan memandu Anda untuk belajar Kimia dengan baik. Sebuah buku yang disusun dan dikembangkan untuk memberikan dasar-dasar pengetahuan, keterampilan, keahlian, dan pengalaman belajar yang bermanfaat bagi masa depan Anda.

Demikianlah persembahan dari penerbit untuk dunia pendidikan. Semoga buku ini dapat bermanfaat.

Bandung, Mei 2007

Penerbit

# Panduan untuk Pembaca

Cakupan materi pembelajaran pada buku ini disajikan secara sistematis, komunikatif, dan integratif. Di setiap awal bab dilengkapi gambar pembuka pelajaran, bertujuan memberikan gambaran materi pembelajaran yang akan dibahas, dan mengajarkan Anda konsep berpikir kontekstual dan logis sekaligus merangsang cara berpikir lebih dalam. Selain itu, buku ini juga ditata dengan format yang menarik dan didukung dengan foto dan ilustrasi yang representatif. Bahasa digunakan sesuai dengan tingkat kematangan emosional Anda sehingga Anda lebih mudah memahami konsep materinya.

Buku Mudah dan Aktif Belajar Kimia untuk SMA Kelas XII ini terdiri atas sembilan bab, yaitu Sifat Koligatif Larutan; Reaksi Redoks dan Elektrokimia; Deskripsi Unsur-Unsur Golongan Utama; Unsur-Unsur Transisi Periode Keempat; Keradioaktifan; Senyawa Organik; Senyawa Aromatik; Makromolekul dan Lemak. Untuk lebih jelasnya, perhatikan petunjuk untuk pembaca berikut.

(1) **Judul Bab**, disesuaikan dengan tema materi dalam bab.

(2) **Hasil yang harus Anda capai**, tujuan umum yang harus Anda capai pada bab yang Anda pelajari.

(3) **Setelah mempelajari bab ini, kamu harus mampu**, kemampuan yang harus Anda kuasai setelah mempelajari bab.

(4) **Gambar Pembuka Bab**, disajikan untuk mengetahui contoh manfaat dari materi yang akan dipelajari.

(5) **Advanced Organizer**, disajikan untuk menumbuhkan rasa ingin tahu dari materi yang akan dipelajari dan mengarahkan Anda untuk lebih fokus terhadap isi bab.

(6) **Tes Kompetensi Awal**, merupakan syarat yang harus Anda pahami sebelum memasuki materi pembelajaran.

(7) **Materi Pembelajaran**, disajikan secara sistematis, komunikatif, integratif, dan sesuai dengan perkembangan ilmu dan teknologi sehingga Anda dapat tertantang untuk belajar lebih jauh.

(8) **Gambar dan Ilustrasi**, sesuai dengan materi dalam bab yang disajikan secara menarik dan mudah dipahami.

(9) **Aktivitas Kimia**, tugas yang diberikan kepada Anda berupa analisis masalah atau kegiatan di laboratorium sehingga dapat menumbuhkan semangat inovasi, kreativitas, dan berpikir kritis.

(10) **Mahir Menjawab**, merupakan sarana bagi Anda dalam persiapan menghadapi Ujian Akhir dan SPMB sehingga mempunyai nilai tambah.

(11) **Kegiatan Inkuiri**, menguji pemahaman Anda secara terbuka berdasarkan konsep yang telah Anda pelajari sehingga Anda tertarik untuk belajar lebih dalam.

(12) **Catatan**, menyajikan informasi dan keterangan singkat secara biligual berkaitan dengan konsep yang dipelajari.

(13) **Kata Kunci**, panduan Anda dalam mempelajari konsep materi.

(14) **Sekilas Kimia**, berisi informasi menarik dan aplikatif berdasarkan materi bab yang dipelajari sehingga dapat menumbuhkan semangat bekerja keras dan belajar lebih jauh.

(15) **Contoh**, menyajikan contoh-contoh soal dengan jawaban yang kongkret dan jelas berkaitan dengan materi yang disajikan.

(16) **Tes Kompetensi Subbab**, menguji pemahaman Anda terhadap materi dalam setiap subbab.

(17) **Rangkuman**, merupakan ringkasan materi pembelajaran bab.

(18) **Peta Konsep**, menggambarkan hubungan antarkonsep sehingga memudahkan Anda mempelajari materi dalam bab.

(19) **Refleksi**, sebagai cermin diri bagi Anda setelah mempelajari materi di akhir pembelajaran setiap bab.

(20) **Evaluasi Kompetensi Bab**, merupakan penekanan terhadap pemahaman konsep materi, berkaitan dengan materi dalam bab.

(21) **Proyek Semester**, disajikan agar Anda dapat menggali dan memanfaatkan informasi, menyelesaikan masalah, dan membuat keputusan dalam kerja ilmiah.

(22) **Evaluasi Kompetensi Kimia Semester**, disajikan untuk evaluasi Anda setelah mempelajari semester yang bersangkutan.

(23) **Evaluasi Kompetensi Kimia Akhir Tahun**, disajikan untuk evaluasi Anda setelah mempelajari seluruh bab.

# Daftar Isi

- Kata Sambutan • iii  
Kata Pengantar • iv  
Panduan untuk Pembaca • v

## Bab 1 Sifat Koligatif Larutan • 1

- A. Satuan Konsentrasi dalam Sifat Koligatif • 2  
B. Penurunan Tekanan Uap • 3  
C. Kenaikan Titik Didih dan Penurunan Titik Beku • 8  
D. Diagram Fasa • 12  
E. Tekanan Osmotik Larutan • 15  
F. Sifat Koligatif Larutan Elektrolit • 18  
Rangkuman • 22  
Peta Konsep • 23  
Refleksi • 23  
Evaluasi Kompetensi Bab 1 • 24

## Bab 2 Reaksi Redoks dan Elektrokimia • 27

- A. Penyetaraan Reaksi Redoks • 28  
B. Sel Elektrokimia • 33  
C. Sel Elektrolisis • 42  
D. Korosi dan Pengendaliannya • 50  
Rangkuman • 55  
Peta Konsep • 56  
Refleksi • 56  
Evaluasi Kompetensi Bab 2 • 57

## Bab 3 Deskripsi Unsur-Unsur Golongan Utama • 61

- A. Unsur-Unsur Gas Mulia • 62  
B. Unsur-Unsur Halogen • 66  
C. Unsur-Unsur Golongan Alkali • 73  
D. Unsur-Unsur Golongan Alkali Tanah • 79  
E. Aluminium dan Senyawanya • 84  
F. Karbon dan Silikon • 88  
G. Nitrogen, Oksigen, dan Belerang • 90  
Rangkuman • 95  
Peta Konsep • 96  
Refleksi • 96  
Evaluasi Kompetensi Bab 3 • 97

## Bab 4 Unsur-Unsur Transisi Periode Keempat • 101

- A. Kecenderungan Periodik Unsur Transisi • 102  
B. Senyawa Kompleks • 106  
C. Sumber dan Kegunaan Unsur Transisi • 111  
D. Pengolahan Logam (Metalurgi) • 116  
Rangkuman • 120  
Peta Konsep • 121  
Refleksi • 121  
Evaluasi Kompetensi Bab 4 • 122

## **Bab 5**

### **Keradioaktifan • 125**

- A. Kestabilan Inti • 126
- B. Kegunaan Radioisotop • 133
- C. Reaksi Fisi dan Fusi • 138
- Rangkuman • 142
- Peta Konsep • 143
- Refleksi • 143
- Evaluasi Kompetensi Bab 5 • 144
- Proyek Semester 1 • 147
- Evaluasi Kompetensi Kimia Semester 1 • 148

## **Bab 6**

### **Senyawa Organik • 153**

- A. Gugus Fungsional Senyawa Karbon • 154
- B. Haloalkana • 155
- C. Alkohol dan Eter • 159
- D. Aldehid dan Keton • 170
- E. Asam Karboksilat dan Ester • 177
- F. Senyawa Karbon Mengandung Nitrogen • 185
- Rangkuman • 187
- Peta Konsep • 188
- Refleksi • 189
- Evaluasi Kompetensi Bab 6 • 190

## **Bab 7**

### **Senyawa Aromatik • 195**

- A. Struktur dan Kereaktifan Senyawa Benzena dan Turunannya • 196
- B. Kegunaan Senyawa Benzena dan Turunannya • 204
- C. Senyawa Polisiklik dan Heterosiklik • 207
- Rangkuman • 214
- Peta Konsep • 215
- Refleksi • 215
- Evaluasi Kompetensi Bab 7 • 216

## **Bab 8**

### **Makromolekul • 221**

- A. Polimer • 222
- B. Karbohidrat • 227
- C. Protein • 233
- Rangkuman • 241
- Peta Konsep • 242
- Refleksi • 242
- Evaluasi Kompetensi Bab 8 • 243

## **Bab 9**

### **Lemak • 247**

- A. Struktur dan Sifat-Sifat Lemak • 248
- B. Sumber dan Kegunaan Lemak • 253
- C. Sabun dan Detergen • 257
- Rangkuman • 262
- Peta Konsep • 262
- Refleksi • 262
- Evaluasi Kompetensi Bab 9 • 263
- Proyek Semester 2 • 266
- Evaluasi Kompetensi Kimia Semester 2 • 267
- Evaluasi Kompetensi Kimia Akhir Tahun • 271

- Apendiks 1 • 275
- Apendiks 2 • 283
- Senarai • 286
- Indeks • 291
- Daftar Pustaka • 297





# Bab 1



Sumber: *Chemistry For You*, 2001

Di negara yang memiliki musim dingin, salju yang menumpuk di jalan raya dan trotoar dicairkan dengan cara menaburkan garam (penurunan titik beku), seperti  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{NaCl}$ .

## Sifat Koligatif Larutan

### Hasil yang harus Anda capai:

menjelaskan sifat-sifat koligatif larutan nonelektrolit dan elektrolit.

### Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

- menjelaskan penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku larutan, dan tekanan osmosis termasuk sifat koligatif larutan;
- membandingkan sifat koligatif larutan nonelektrolit dengan sifat koligatif larutan elektrolit yang konsentrasinya sama berdasarkan data percobaan.

Apakah Anda mempunyai teman atau kerabat yang memiliki penyakit tekanan darah tinggi? Jika ya, tentu dokter akan menyarankan teman atau kerabat Anda itu untuk mengurangi konsumsi garam-garaman. Mengapa pula pedagang es menaburkan garam dapur ( $\text{NaCl}$ ) di dalam tempat penyimpanan es? Kemudian, mengapa di wilayah yang memiliki musim dingin, garam-garam, seperti  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{NaCl}$  ditaburkan ke jalan-jalan atau trotoar yang bersalju? Tentunya semua peristiwa itu berkaitan dengan bab yang akan kita pelajari sekarang, yaitu sifat-sifat koligatif larutan. Apakah sifat koligatif larutan itu?

Sifat koligatif larutan adalah sifat larutan yang tidak bergantung pada jenis zat terlarut, tetapi bergantung pada konsentrasinya. Sifat koligatif berbeda dengan sifat-sifat larutan yang sudah Anda pelajari sebelumnya, seperti daya hantar listrik, asam basa, dan kesetimbangan ion-ion dalam larutan yang bergantung pada jenis zat terlarut. Apakah sifat-sifat koligatif larutan itu dan apakah yang memengaruhi sifat-sifat koligatif larutan? Jawabannya akan Anda ketahui setelah mempelajari bab ini.

- A. Satuan Konsentrasi dalam Sifat Koligatif
- B. Penurunan Tekanan Uap
- C. Kenaikan Titik Didih dan Penurunan Titik Beku
- D. Diagram Fasa
- E. Tekanan Osmotik Larutan
- F. Sifat Koligatif Larutan Elektrolit

## Tes Kompetensi Awal

1. Apakah yang dimaksud dengan larutan? Apa saja yang memengaruhi sifat fisik dan kimia suatu larutan?
2. Apakah perbedaan larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit?

## A. Satuan Konsentrasi dalam Sifat Koligatif

Di Kelas XI, Anda telah belajar satuan konsentrasi larutan berupa kemolaran. Pada topik berikut, Anda akan diperkenalkan dengan satuan konsentrasi larutan yang digunakan dalam menentukan sifat koligatif larutan, yaitu fraksi mol ( $X$ ) dan kemolalan atau molalitas ( $m$ ).

### 1. Fraksi Mol

*Komposisi zat-zat dalam larutan dapat dinyatakan dalam satuan fraksi mol ( $X$ ). Fraksi mol zat A ( $X_A$ ) menyatakan perbandingan jumlah mol zat A terhadap jumlah mol total zat-zat yang terdapat dalam larutan.*

$$X_A = \frac{\text{mol A}}{\text{total mol semua komponen}} = \frac{\text{mol A}}{\text{mol A} + \text{mol B} + \dots + \text{mol ke-n}}$$

Jumlah fraksi mol semua komponen sama dengan satu.

$$X_A + X_B + X_C + \dots = 1$$

### Contoh 1.1

#### Menghitung Fraksi Mol

Berapakah fraksi mol benzena ( $C_6H_6$ ) dan toluena ( $C_7H_8$ ) dalam larutan yang dibuat dari 600 g benzena dan 400 g toluena?

**Jawab:**

- Tentukan mol masing-masing zat
- Tentukan fraksi mol zat

Jumlah mol masing-masing zat:

$$\text{mol } C_6H_6 = \frac{600 \text{ g}}{78 \text{ g mol}^{-1}} = 7,69 \text{ mol}$$

$$\text{mol } C_7H_8 = \frac{400 \text{ g}}{92 \text{ g mol}^{-1}} = 4,35 \text{ mol}$$

Fraksi mol masing-masing zat:

$$X_{C_6H_6} = \frac{7,69 \text{ mol}}{7,69 \text{ mol} + 4,35 \text{ mol}} = 0,64$$

$$X_{C_7H_8} = \frac{4,35 \text{ mol}}{7,69 \text{ mol} + 4,35 \text{ mol}} = 0,36$$

Jumlah fraksi mol semua komponen harus sama dengan satu,  $X_{\text{benzena}} + X_{\text{toluena}} = 1$

### 2. Kemolalan (Molalitas)

Kemolalan ( $m$ ) didefinisikan sebagai *jumlah mol zat terlarut dalam satu kilogram pelarut*. Dalam bentuk persamaan dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{molalitas} = \frac{\text{jumlah mol zat terlarut}}{\text{jumlah massa pelarut (kg)}}$$



#### Catatan Note

Jika hanya dua zat yang membentuk larutan maka:

$$X_A = 1 - X_B \text{ atau } X_B = 1 - X_A$$

*If there are only two substances forming solution so that:*

$$X_A = 1 - X_B \text{ or } X_B = 1 - X_A$$

Rumusan molalitas dapat dinyatakan dalam bentuk lain, yaitu:

$$\text{molalitas} = \frac{\text{massa zat terlarut (g)}}{\text{massa molar zat terlarut (g mol}^{-1}\text{)}} \times \frac{\text{konversi berat, 1.000 (g kg}^{-1}\text{)}}{\text{massa pelarut (g)}}$$

### Contoh 1.2

#### Menghitung Molalitas Larutan

Berapakah molalitas larutan yang dibuat dari 6 g glukosa ( $M_r = 180$ ) yang dilarutkan ke dalam 100 g air.

**Jawab:**

Massa zat terlarut 6 g; massa molar zat terlarut 180 g mol<sup>-1</sup>; massa pelarut 100 g.

$$\text{molalitas} = \frac{\text{massa glukosa}}{\text{massa molar glukosa}} \times \frac{(1.000 \text{ g kg}^{-1})}{\text{massa air}}$$

$$\text{molalitas} = \frac{6 \text{ g}}{180 \text{ g mol}^{-1}} \times \frac{(1.000 \text{ g kg}^{-1})}{100 \text{ g}} = 0,3 \text{ mol kg}^{-1}$$

Jadi, molalitas larutan glukosa adalah 0,3 m.

### Kata Kunci

- Sifat koligatif
- Jumlah zat terlarut
- Fraksi mol
- kemolalan

### Kegiatan Inkuiri

Pada kondisi apa kemolalan sama dengan kemolaran? Bagaimana membuat larutan dengan kemolalan dan kemolaran sama? Diskusikan dengan teman-teman Anda.

## Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

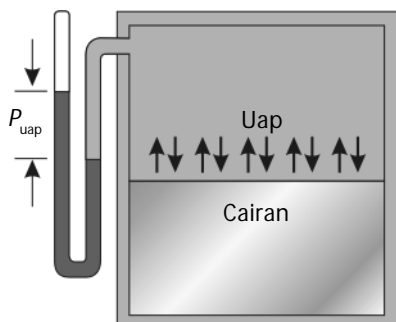
1. Suatu larutan dibuat dengan mencampurkan 46 g etanol ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) dan 44 g air. Berapakah fraksi mol masing-masing zat dalam larutan itu?
2. Umumnya, formalin yang dijual di pasaran adalah 40% berat  $\text{CH}_2\text{O}$  dalam air. Berapakah fraksi mol formalin dalam larutan tersebut?
3. Sebanyak 50 g gula pasir ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) dilarutkan ke dalam 500 g air. Berapakah molalitas larutan gula tersebut?
4. Suatu larutan antibeku mengandung 40% berat etilen glikol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ ). Jika massa jenis larutan 1,05 g mL<sup>-1</sup>, berapa molalitas larutan tersebut?

## B. Penurunan Tekanan Uap ( $\Delta P$ )

Menguap adalah gejala yang terjadi pada molekul-molekul zat cair meninggalkan permukaan cairan membentuk fasa gas. Gejala ini disebabkan oleh molekul-molekul pada bagian permukaan cairan memiliki energi yang dapat mengatasi gaya antaraksi di antara molekul-molekul cairan. Gaya antaraksi antarmolekul pada permukaan cairan dinamakan tegangan permukaan. Jadi, *molekul-molekul yang menguap memiliki energi lebih besar daripada tegangan permukaan.*

### 1. Tekanan Uap

Kemudahan suatu zat menguap ditentukan oleh kekuatan gaya antarmolekul (tegangan permukaan). Semakin lemah gaya antarmolekul semakin mudah senyawa itu menguap.



**Gambar 1.1**

Uap dan cairan membentuk kesetimbangan dinamis.

Pada suhu rendah, molekul-molekul zat dapat meninggalkan permukaan cairan membentuk kesetimbangan dengan cairan yang berada di permukaannya (**Gambar 1.1**). Molekul-molekul fasa uap menimbulkan tekanan yang disebut tekanan uap.

Faktor-faktor yang memengaruhi tekanan uap salah satunya adalah suhu. Semakin tinggi suhu zat cair, semakin besar tekanan uapnya. Contohnya adalah tekanan uap air berbeda pada setiap temperatur seperti ditunjukkan pada **Tabel 1.1**.

**Tabel 1.1** Tekanan Uap Air

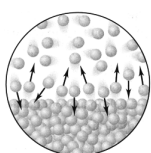
Suhu (°C)	Tekanan (mmHg)
0	4,60
5	6,50
10	9,20
15	12,80
20	17,50
22	19,80
24	22,40
25	23,80
27	26,70
28	28,30
29	30,00
30	31,80
35	42,20
40	55,30
45	71,90
50	92,50
55	118,00
60	149,40
65	187,50
70	233,70
75	289,10
80	355,10
90	525,80
100	760,00

Sumber: General Chemistry, 1990

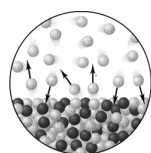
## Kegiatan Inkuiri



Air mendidih pada suhu 100°C, tetapi mengapa pakaian yang dijemur pada suhu kamar (25–30)°C dapat mengering? Jelaskan (hubungkan dengan proses penguapan).



Pelarut



Larutan

**Gambar 1.2**

Zat terlarut nonvolatil menurunkan penguapan pelarut.

## 2. Penurunan Tekanan Uap Larutan

Apa yang terjadi dengan tekanan uap jika ke dalam suatu cairan (misalnya, air) dimasukkan zat yang tidak mudah menguap (misalnya, gula pasir)?

Adanya zat terlarut *nonvolatile* (tidak mudah menguap) di dalam suatu pelarut dapat menurunkan tekanan uap pelarut. Akibatnya, tekanan uap larutan lebih rendah dari tekanan uap pelarut murninya. Mengapa? Untuk memahami bagaimana pelarutan zat yang tidak mudah menguap berpengaruh terhadap tekanan uap pelarut, lakukan oleh Anda eksperimen berikut.



## Aktivitas Kimia 1.1

### Pelarutan Zat yang Tidak Menguap

#### Tujuan

Menjelaskan pelarutan zat yang tidak menguap.

#### Alat

1. Gelas
2. Wadah tertutup

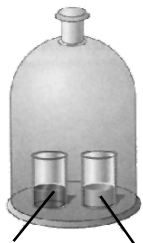
#### Bahan

1. Aquades
2. Larutan gula 60% b/b

#### Langkah Kerja

1. Sediakan dua buah gelas. Gelas pertama diisi dengan aquades dan gelas kedua diisi dengan larutan gula 60% b/b. Usahakan volume cairan dalam kedua gelas sama.
2. Simpan kedua gelas itu dalam wadah yang tertutup rapat, misalnya desikator selama satu hari.
3. Setelah satu hari, amati yang terjadi dalam kedua cairan itu.

#### Kadaan Awal



Pelarut (air) Larutan gula

#### Kadaan Akhir



Larutan gula

#### Pertanyaan

1. Apa yang terjadi dengan cairan dalam kedua wadah itu?
2. Mengapa air murni berpindah ke gelas yang berisi larutan gula?
3. Apakah yang dapat Anda simpulkan dari percobaan ini. Diskusikan dengan teman sekelompok Anda.

Setelah dibiarkan beberapa waktu, volume larutan gula bertambah, sedangkan volume air murni berkurang. Mengapa?

Fakta tersebut dapat dijelaskan jika tekanan uap air murni lebih besar dari tekanan larutan yang mengandung zat nonvolatil, dan adanya kesetimbangan dinamis antara fasa uap dan cairannya. Oleh karena tekanan uap air murni lebih besar dari tekanan uap larutan gula maka untuk mencapai keadaan kesetimbangan, uap air murni akan diserap oleh larutan gula sampai tekanan uap di atas permukaan kedua cairan itu sama dan setimbang. Proses tersebut menghasilkan perpindahan molekul-molekul air dari pelarut murni melalui fasa uap ke dalam larutan gula sampai tekanan uap pada kedua permukaan cairan mencapai kesetimbangan.

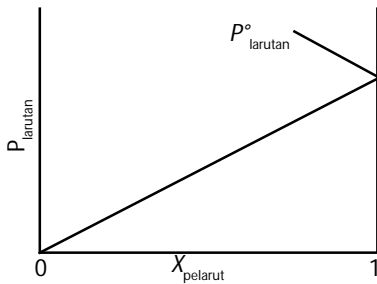
### Kata Kunci

- Gaya antaraksi antarmolekul
- Tegangan permukaan
- Zat terlarut nonvolatil
- Tekanan uap
- Hukum Raoult

### Kegiatan Inkuiri



Faktor-faktor apa sajakah yang menyebabkan tekanan uap larutan lebih rendah dari tekanan uap pelarutnya? Misalnya, larutan etanol dalam air. Hubungkan dengan gaya antarmolekul atau ikatan hidrogen etanol-air dan air-air.



**Gambar 1.3**

Hubungan tekanan uap larutan terhadap fraksi mol pelarut

### 3. Hukum Raoult

Tekanan uap larutan yang mengandung zat terlarut *nonvolatile* telah dikaji oleh **Francois M. Raoult**, sehingga dihasilkan *Hukum Raoult*. Dalam bentuk persamaan dinyatakan sebagai berikut.

$$P_{\text{larutan}} = X_{\text{pelarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$$

Keterangan:

- $P_{\text{larutan}}$  = tekanan uap larutan
- $X_{\text{pelarut}}$  = fraksi mol pelarut
- $P^{\circ}_{\text{pelarut}}$  = tekanan uap pelarut murni

Secara matematis, Hukum Raoult merupakan persamaan linear:

$$Y = mX$$

Keterangan:

- $Y = P_{\text{larutan}}$
- $m = P^{\circ}_{\text{pelarut}}$
- $X = X_{\text{pelarut}}$

Jika  $P_{\text{larutan}}$  diekstrapolasikan terhadap  $X_{\text{pelarut}}$ , akan dihasilkan garis lurus dengan kemiringan menunjukkan  $P^{\circ}_{\text{pelarut}}$  (**Gambar 1.3**).

Penurunan tekanan uap ( $\Delta P$ ) pelarut akibat adanya zat terlarut nonvolatil dapat dihitung dari Hukum Raoult, yaitu:

$$P_{\text{larutan}} = X_{\text{pelarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$$

Oleh karena  $(X_{\text{pelarut}} + X_{\text{terlarut}}) = 1$ , atau  $(X_{\text{pelarut}} = 1 - X_{\text{terlarut}})$  maka

$$\begin{aligned} P_{\text{larutan}} &= (1 - X_{\text{terlarut}}) P^{\circ}_{\text{pelarut}} \\ &= P^{\circ}_{\text{pelarut}} - X_{\text{terlarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}} \end{aligned}$$

Dengan menata ulang persamaan di atas, diperoleh:

$$P^{\circ}_{\text{pelarut}} - P_{\text{larutan}} = X_{\text{terlarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$$

$(P^{\circ}_{\text{pelarut}} - P_{\text{larutan}})$  adalah selisih antara tekanan uap pelarut murni dan tekanan uap larutan ( $\Delta P$ ). Jadi, penurunan tekanan uap pelarut murni dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\Delta P = X_{\text{terlarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$$

#### Contoh 1.3

##### Menghitung Tekanan Uap Larutan

Hitunglah penurunan tekanan uap yang dibuat dari pelarutan 9,5 g tiourea ( $M_r = 76$ ) ke dalam 90 g air (tekanan uap air pada 25°C adalah 23,76 mmHg).

**Jawab:**

- Hitung fraksi mol masing-masing zat
- Tentukan tekanan uap larutan menggunakan Hukum Raoult
- Tentukan  $\Delta P$

Jumlah mol masing-masing zat adalah

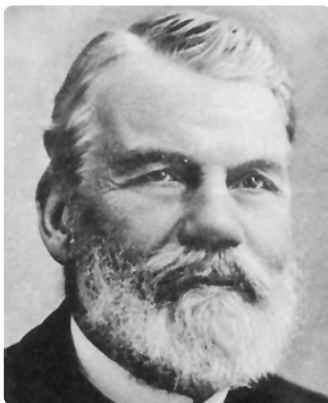
$$\text{mol tiourea} = \frac{9,5 \text{ g}}{76 \text{ g mol}^{-1}} = 0,125 \text{ mol}$$

$$\text{mol air} = \frac{90 \text{ g}}{18 \text{ g mol}^{-1}} = 5 \text{ mol}$$



### Sekilas Kimia

**Francois Marie Raoult**  
(1830–1901)



Sumber: [www.uned.es](http://www.uned.es)

Francoise Marie Raoult adalah seorang ahli kimia-fisika Prancis. Pada 1886 dia berhasil menemukan hubungan antara tekanan uap larutan dan zat terlarut. Hubungan tersebut diungkapkan dalam bentuk persamaan yang dikenal dengan *Hukum Raoult*.

Fraksi mol air adalah

$$X_{\text{air}} = \frac{\text{mol H}_2\text{O}}{\text{mol H}_2\text{O} + \text{mol CS}(\text{NH}_2)_2} = 0,975$$

$$\begin{aligned} P_{\text{larutan}} &= X_{\text{air}} P_{\text{air}} \\ &= (0,975) (23,76 \text{ mmHg}) = 23,166 \text{ mmHg} \end{aligned}$$

Jadi, tekanan uap air turun dengan adanya tiourea. Besarnya penurunan tekanan uap adalah

$$\Delta P = (23,76 - 23,166) \text{ mmHg} = 0,59 \text{ mmHg}$$

Tekanan uap larutan dapat digunakan untuk menentukan massa molekul relatif zat terlarut. Dengan menata ulang persamaan Hukum Raoult maka diperoleh fraksi mol pelarut, yaitu:

$$X_{\text{pelarut}} = \frac{P_{\text{larutan}}}{P_{\text{pelarut}}^{\circ}}$$

Berdasarkan fraksi mol pelarut, mol zat terlarut dapat diketahui sehingga massa molekul relatifnya dapat ditentukan.

$$X_{\text{pelarut}} = \frac{\text{mol pelarut}}{\text{mol pelarut} + \text{mol terlarut}}; \text{ atau mol terlarut} = \text{mol pelarut} \left( \frac{1}{X_{\text{pelarut}}} - 1 \right)$$

Dengan demikian, persamaan untuk menentukan massa molekul relatif zat terlarut adalah

$$M_r \text{ terlarut} = \frac{\text{massa zat terlarut (gram)}}{\text{mol pelarut} \left( \frac{1}{X_{\text{pelarut}}} - 1 \right)}$$

### Contoh 1.4

#### Menentukan $M_r$ dari Tekanan Uap Larutan

Urea sebanyak 12 g dilarutkan dalam 90 g air pada 40°C, tekanan uap larutan adalah 53,17 mmHg. Jika tekanan uap air murni pada suhu tersebut 55,3 mmHg, berapakah  $M_r$  urea?

**Jawab:**

- Tahap: (1) Hitung fraksi mol air menggunakan Hukum Raoult  
(2) Hitung mol urea berdasarkan fraksi mol air  
(3) Hitung  $M_r$  urea

Fraksi mol air:

$$X_{\text{air}} = \frac{P_{\text{larutan}}}{P_{\text{pelarut}}^{\circ}} = \frac{53,17 \text{ mmHg}}{55,3 \text{ mmHg}} = 0,96$$

$$\text{mol air} = \frac{90 \text{ g}}{18 \text{ g mol}^{-1}} = 5 \text{ mol}$$

Jumlah mol urea:

$$\begin{aligned} \text{mol urea} &= \text{mol air} \left( \frac{1}{X_{\text{air}}} - 1 \right) = 5 \text{ mol} \left( \frac{1}{0,96} - 1 \right) \\ &= 0,2 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$M_r \text{ urea} = \frac{12 \text{ g}}{0,2 \text{ mol}} = 60 \text{ g mol}^{-1}$$

Jadi, massa molekul relatif urea adalah 60.

### Kata Kunci

- Penurunan tekanan uap
- Massa molekul relatif



## Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Hitunglah tekanan uap larutan pada 35°C yang dibuat dengan melarutkan 18 g sukrosa dalam 72 g air. Tekanan uap air murni pada suhu tersebut 42,2 mmHg.
2. Suatu larutan dibuat dari pelarutan 6,5 g naftalena ke dalam 60 g kloroform (CHCl<sub>3</sub>). Hitunglah penurunan tekanan uap kloroform pada 20°C. Diketahui tekanan uap kloroform murni pada 20°C = 156 mmHg.
3. Glukosa sebanyak 18 g dilarutkan dalam 125 g air pada 40°C. Tekanan uap larutan tersebut adalah 54,5 mmHg. Jika tekanan uap air murni pada suhu tersebut 55,3 mmHg, hitunglah M<sub>r</sub> glukosa.

## C. Kenaikan Titik Didih dan Penurunan Titik Beku

Suatu zat cair dikatakan mendidih jika tekanan uapnya sama dengan tekanan atmosfer (tekanan udara luar) di atas permukaan cairan. Adapun suatu zat dikatakan membeku jika partikel-partikel zat itu berada dalam kisi-kisi kesetimbangan sehingga tidak terjadi gerakan partikel, selain getaran di tempatnya.

### Kegiatan Inkuiri



Semakin tinggi suatu tempat, semakin rendah tekanan udaranya. Bagaimana titik didih air di pegunungan dibandingkan di pantai? Di daerah mana peluang terbesar terkena penyakit akibat bakteri yang terdapat dalam air minum?

### 1. Kenaikan Titik Didih Larutan

Oleh karena tekanan uap larutan zat nonvolatil lebih rendah dari pelarut murninya maka untuk mendidihkan larutan perlu energi lebih dibandingkan mendidihkan pelarut murninya. Akibatnya, titik didih larutan akan lebih tinggi daripada pelarut murninya.

Besarnya kenaikan titik didih larutan,  $\Delta T_d$  (relatif terhadap titik didih pelarut murni) berbanding lurus dengan kemolalan larutan. Dalam bentuk persamaan dinyatakan dengan:  $\Delta T_d \approx m$ , atau

$$\Delta T_d = K_d \times m$$

$K_d$  adalah tetapan kesetaraan titik didih molal. Harga  $K_d$  bergantung pada jenis pelarut (**Tabel 1.2**).

**Tabel 1.2** Tetapan Kenaikan Titik Didih Molal ( $K_d$ ) Beberapa Pelarut

Pelarut	Titik Didih (°C)	$K_d$ (°C m <sup>-1</sup> )
Air (H <sub>2</sub> O)	100	0,52
Benzena (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	80,1	2,53
Karbon tetraklorida (CCl <sub>4</sub> )	76,8	5,02
Etanol (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O)	78,4	1,22
Kloroform (CHCl <sub>3</sub> )	61,2	3,63
Karbon disulfida (CS <sub>2</sub> )	46,2	2,34

Sumber: General Chemistry, 1990

Pada **Tabel 1.2** tampak bahwa  $K_d \text{ air} = 0,52^\circ\text{C m}^{-1}$ . Artinya, suatu larutan dalam air dengan konsentrasi satu molal akan mendidih pada suhu lebih tinggi sebesar  $0,52^\circ\text{C}$  dari titik didih air. Dengan kata lain, titik didih larutan sebesar  $100,52^\circ\text{C}$ .

### Contoh 1.5

#### Menghitung Titik Didih Larutan

Suatu larutan dibuat dengan melarutkan 5 g gliserol ( $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ ,  $M_r = 92$ ) ke dalam 150 g air. Berapakah titik didih larutan, jika titik didih air  $100^\circ\text{C}$ ? ( $K_d \text{ air} = 0,52^\circ\text{C m}^{-1}$ )

**Jawab:**

$$\text{molalitas larutan} = \frac{5 \text{ g}}{92 \text{ g mol}^{-1}} \times \frac{1.000 \text{ g kg}^{-1}}{150 \text{ g}} = 0,36 \text{ m}$$

$$\Delta T_d = K_d \times m$$

$$= 0,52^\circ\text{C m}^{-1} \times 0,36 \text{ m} = 0,19^\circ\text{C}$$

Jadi, titik didih larutan adalah  $100,19^\circ\text{C}$ .

Data kenaikan titik didih larutan dapat dipakai untuk menentukan massa molekul relatif zat terlarut. Oleh karena kenaikan titik didih berbanding lurus dengan molalitas larutan maka massa molekul relatif zat terlarut dapat ditentukan dengan mengubah persamaan molalitasnya.

$$\Delta T_d = K_d \frac{\text{massa zat terlarut}}{M_r \text{ zat terlarut}} \times \frac{1.000 \text{ g kg}^{-1}}{\text{massa pelarut}}$$

$$M_r \text{ zat terlarut} = K_d \times \frac{\text{massa zat terlarut}}{\Delta T_d} \times \frac{1.000 \text{ g kg}^{-1}}{\text{massa pelarut}}$$

### Contoh 1.6

#### Menghitung $M_r$ Berdasarkan Data $T_d$ Larutan

Zat X sebanyak 7,4 g dilarutkan dalam 74 g benzena menghasilkan titik didih larutan sebesar  $82,6^\circ\text{C}$ . Tentukan massa molekul relatif zat X. (Titik didih benzena  $80,2^\circ\text{C}$  dan tetapan titik didih molal benzena  $2,53^\circ\text{C m}^{-1}$ )

**Jawab:**

$$M_r X = 2,53^\circ\text{C m}^{-1} \times \frac{7,4 \text{ g}}{(82,6 - 80,2)^\circ\text{C}} \times \frac{1.000 \text{ g kg}^{-1}}{74 \text{ g}}$$

$$= 105,42$$

Jadi, massa molekul relatif zat X adalah 105,42.

Untuk membuktikan kenaikan titik didih larutan, Anda dapat melakukan percobaan berikut.



## Aktivitas Kimia 1.2

### Kenaikan Titik Didih Larutan

#### Tujuan

Membuktikan kenaikan titik didih larutan

#### Alat

1. Gelas kimia
2. Termometer
3. Gelas ukur
4. Pembakar bunsen atau spiritus
5. Timbangan



### Catatan Note

Zat antidiidih yang ditambahkan ke dalam radiator berfungsi mengurangi penguapan air dalam radiator.

*Antiboil substance is added into radiator to decrease water evaporation in radiator.*

### Kata Kunci

- Titik didih larutan
- Kenaikan titik didih



## Sekilas Kimia

### Dry Ice

Pernahkah Anda memperhatikan tempat penyimpanan es ketika Anda membeli es krim di warung? Pembekuan es krim menggunakan apa yang disebut dengan *dry ice*. *Dry ice* adalah karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang dibekukan. *Dry ice* lebih padat dan lebih dingin daripada es biasa. *Dry ice* memiliki suhu  $-109,3^\circ\text{F}$  ( $-78,5^\circ\text{C}$ ), sedangkan es tradisional adalah  $30^\circ\text{F}$  ( $0^\circ\text{C}$ ). Selain itu, *dry ice* tidak mencair melainkan menyublim. Sublimasi adalah proses perubahan suatu padatan langsung menjadi gas. Oleh karena es ini tidak melewati fasa cair maka dinamakan *dry (kering) ice*.

Sumber: wikipedia.org

### Bahan

1. Aquades
2. Gula pasir
3. Garam dapur (NaCl)

### Langkah Kerja

1. Masukkan 250 mL aquades ke dalam gelas kimia 1 dan 2, kemudian dididihkan.
2. Ukur suhu aquades pada saat mendidih.
3. Masukkan 35 g gula pasir ke dalam aquades (gelas kimia 1) dan 35 g garam dapur ke dalam aquades (gelas kimia 2), kocok kedua larutan itu dan ukur kembali suhu didihnya.

### Pertanyaan

1. Hitunglah kenaikan titik didih larutan gula pasir dan larutan garam dapur.
2. Dengan jumlah massa yang sama, adakah perbedaan titik didih antara kedua larutan? Jelaskan alasannya.

## 2. Penurunan Titik Beku Larutan

Penambahan zat terlarut nonvolatil juga dapat menyebabkan penurunan titik beku larutan. Gejala ini terjadi karena zat terlarut tidak larut dalam fasa padat pelarutnya. Contohnya, jika sirup dimasukkan ke dalam *freezer* maka gula pasirnya akan terpisah dari es karena gula pasir tidak larut dalam es.

Agar tidak terjadi pemisahan zat terlarut dan pelarutnya ketika larutan membeku, diperlukan suhu lebih rendah lagi untuk mengubah seluruh larutan menjadi fasa padatnya. Seperti halnya titik didih, penurunan titik beku ( $\Delta T_b$ ) berbanding lurus dengan kemolalan larutan:  $\Delta T_b \approx m$ , atau

$$\Delta T_b = K_b \times m$$

$K_b$  disebut tetapan penurunan titik beku molal. Harga  $K_b$  untuk beberapa pelarut dapat dilihat pada **Tabel 1.3**.

**Tabel 1.3** Tetapan Penurunan Titik Beku Molal ( $K_b$ ) Beberapa Pelarut

Pelarut	Titik Beku ( $^\circ\text{C}$ )	$K_b$ ( $^\circ\text{C m}^{-1}$ )
Air ( $\text{H}_2\text{O}$ )	0,00	1,86
Benzena ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )	5,50	5,12
Etanol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ )	-144,60	1,99
Kloroform ( $\text{CHCl}_3$ )	-63,50	4,68
Karbon disulfida ( $\text{CS}_2$ )	-111,5	3,83
Naftalena ( $\text{C}_{10}\text{H}_8$ )	80,20	6,80

Sumber: General Chemistry, 1990

Nilai  $K_b$  untuk benzena  $5,12^\circ\text{C m}^{-1}$ . Suatu larutan dari zat terlarut nonvolatil dalam pelarut benzena sebanyak 1 molal akan membeku pada suhu lebih rendah sebesar  $5,12^\circ\text{C}$  dari titik beku benzena. Dengan kata lain, titik beku larutan zat nonvolatil dalam pelarut benzena sebanyak 1 molal akan mulai membeku pada suhu  $(5,5 - 5,12)^\circ\text{C}$  atau  $0,38^\circ\text{C}$ .

Penerapan dari penurunan titik beku digunakan di negara yang memiliki musim dingin. Suhu udara pada musim dingin dapat mencapai suhu di bawah titik beku air. Oleh karena itu, dalam air radiator mobil diperlukan *zat antibeku* yang dapat menurunkan titik beku air. Zat antibeku yang banyak digunakan dalam radiator adalah etilen glikol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ ).

Selain pada radiator, penerapan dari penurunan titik beku juga digunakan untuk mencairkan es di jalan-jalan dan trotoar pada musim

dingin. Hal ini dilakukan dengan cara menaburkan garam-garam, seperti  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{NaCl}$  sebagai penurun titik beku air sehingga es dapat mencair.

### Contoh 1.7

#### Menghitung Penurunan Titik Beku Larutan

Hitunglah titik beku larutan yang dibuat dari 6,2 g etilen glikol dalam 100 g air.

**Jawab:**

$$\text{molalitas larutan} = \frac{6,2 \text{ g}}{62 \text{ g mol}^{-1}} \times \frac{1.000 \text{ g kg}^{-1}}{100 \text{ g}} = 1 \text{ m}$$

Penurunan titik beku larutan:

$$\begin{aligned} \Delta T_b &= K_b \times m \\ &= (1,86^\circ\text{C m}^{-1}) (1 \text{ m}) = 1,86^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik beku larutan} &= \text{Titik beku normal air} - \Delta T_b \\ &= (0,0 - 1,86)^\circ\text{C} = -1,86^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Jadi, titik beku larutan etilen glikol adalah  $-1,86^\circ\text{C}$

### Kata Kunci

- Titik beku larutan
- Penurunan titik beku

Sama seperti kenaikan titik didih, penurunan titik beku larutan dapat digunakan untuk menentukan massa molekul relatif zat terlarut.

$$M_r \text{ zat terlarut} = K_b \frac{\text{massa zat terlarut}}{\Delta T_b} \times \frac{1.000 \text{ g kg}^{-1}}{\text{massa pelarut}}$$

### Contoh 1.8

#### Menghitung $M_r$ dari Data $\Delta T_b$

Suatu larutan dibuat dengan cara melarutkan 3 g zat X ke dalam 100 mL air. Jika titik beku larutan  $-0,45^\circ\text{C}$ , berapakah massa molekul relatif zat X?

**Penyelesaian**

Nilai  $K_b$  air =  $1,86^\circ\text{C m}^{-1}$ .

$$\Delta T_b = \{0 - (-0,45)\}^\circ\text{C} = 0,45^\circ\text{C}$$

$$M_r X = 1,86^\circ\text{C m}^{-1} \times \frac{3 \text{ g}}{0,45^\circ\text{C}} \times \frac{1.000 \text{ g kg}^{-1}}{100 \text{ g}} = 124$$

Jadi,  $M_r$  zat X adalah 124.



## Aktivitas Kimia 1.3

### Penurunan Titik Beku Larutan

#### Tujuan

Membuktikan penurunan titik beku larutan.

#### Alat

1. Tabung reaksi
2. Gelas kimia
3. Termometer
4. *Stopwatch*
5. Timbangan
6. Pembakar bunsen atau spiritus

#### Bahan

1. Naftalena
2. Belerang
3. Air

#### Langkah Kerja

##### A. Penentuan titik beku pelarut murni (naftalena)

1. Ke dalam tabung reaksi besar dimasukkan 15 g naftalena dan gelas kimia diisi dengan air  $\frac{2}{3}$  bagiannya.
2. Panaskan air dalam gelas kimia hingga suhu mencapai  $\pm 90^\circ\text{C}$ .

3. Padamkan pembakar, kemudian catat penurunan suhu setiap  $\frac{1}{2}$  menit hingga  $\pm 70^\circ\text{C}$ .
4. Titik beku adalah pada saat tidak berubah untuk 1–2 menit.
5. Buatlah grafik penurunan suhu naftalena sebagai fungsi waktu dan tentukan titik beku pelarut naftalena dari grafik tersebut.

#### B. Titik beku larutan belerang dalam naftalena

1. Panaskan kembali air dalam gelas kimia hingga semua naftalena mencair kembali. Setelah semua naftalena mencair, tambahkan 2,56 gram belerang ke dalam naftalena cair, aduk sampai semua belerang larut dalam naftalena.
2. Padamkan pembakaran, lakukan pengukuran suhu seperti kegiatan A hingga  $\pm 70^\circ\text{C}$ .
3. Buatlah grafik dan tentukan titik beku larutan belerang dalam naftalena dari grafik tersebut.
4. Bandingkan hasil pengamatan pada langkah kerja A dan langkah kerja B. Diskusikan dengan teman sekelompok Anda dan presentasikan di depan kelas.

## Kegiatan Inkuiri



Pedagang es lilin atau es krim menambahkan es batu dan garam dapur di sekeliling bagian luar wadah es. Mengapa harus ditambah garam dapur?

## Tes Kompetensi Subbab C

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

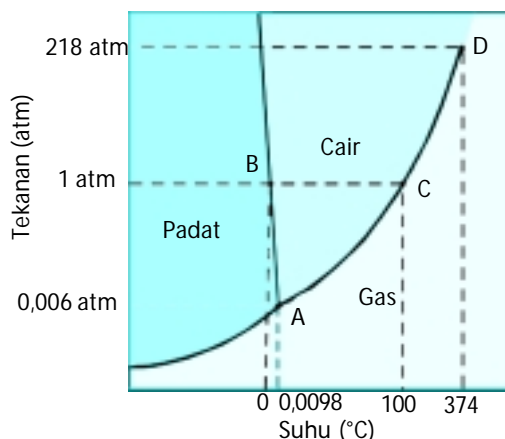
1. Berapakah kenaikan titik didih larutan yang dibuat dengan melarutkan 18 g glukosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) ke dalam 500 mL air? ( $\rho$  air =  $1 \text{ g mL}^{-1}$ )
2. Berapakah titik didih larutan yang dibuat dengan melarutkan 9,2 g gliserol ( $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ ) ke dalam 100 g air?
3. Suatu zat nonvolatil sebanyak 16 g dilarutkan dalam 38 g  $\text{CS}_2$ . Berapakah  $M_r$  zat tersebut jika kenaikan titik didihnya  $1,17^\circ\text{C}$ ? Diketahui  $K_d \text{CS}_2 = 2,34^\circ\text{C m}^{-1}$ .
4. Suatu larutan dibuat dengan cara melarutkan 12,8 g zat X dalam 200 g benzena. Berapakah  $M_r$  zat tersebut jika kenaikan titik didihnya  $81,265^\circ\text{C}$ . Diketahui  $K_d (\text{C}_6\text{H}_6) = 2,53^\circ\text{C m}^{-1}$  dan titik didih  $\text{C}_6\text{H}_6 = 80,1^\circ\text{C}$ .
5. Hitunglah titik beku larutan 7,7 g propilen glikol ( $\text{OH}-\text{CH}_2-(\text{OH})\text{CH}-\text{CH}_3$ ) dalam 500 mL air.
6. Suatu larutan gula dalam air mendidih pada suhu  $100,78^\circ\text{C}$ , berapakah titik beku larutan gula tersebut?
7. Suatu larutan dibuat dengan melarutkan 4,9 g sukrosa dalam 175 mL air. Hitung titik beku larutan ini.
8. Safrole diekstrak dari minyak sassafras dan dipakai untuk pemberi aroma pada 'root beer'. Cuplikan safrole 2,4 g dilarutkan dalam 103 g difenil eter. Larutan membeku pada  $25,7^\circ\text{C}$ . Jika titik beku difenil eter murni adalah  $26,84^\circ\text{C}$  dan tetapan penurunan titik beku molal  $8^\circ\text{C m}^{-1}$ , hitunglah  $M_r$  safrole.

## D. Diagram Fasa

Diagram fasa adalah *ungkapan perubahan keadaan dasar fasa suatu zat dalam bentuk diagram*. Diagram fasa dapat dinyatakan berdasarkan perubahan suhu ( $^\circ\text{C}$ ) dan tekanan (atm), dinamakan *diagram P – T*. Dalam diagram fasa terdapat kurva kesetimbangan antara fasa padat, cair, dan gas.

### 1. Diagram Fasa Air

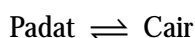
Seperti Anda ketahui, air dapat berada dalam fasa gas, cair, dan padat bergantung pada suhu dan tekanan. Ketiga fasa tersebut dapat diungkapkan dalam bentuk diagram P – T (**Gambar 1.4**).



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

Pada diagram fasa tersebut terdapat tiga kurva yang membagi diagram ke dalam daerah padat, cair, dan gas. Pada setiap daerah, menunjukkan keadaan wujud zat yang stabil.

Setiap titik pada kurva menunjukkan hubungan tekanan dan suhu. Kurva AB yang membagi wilayah padat dan cair, menyatakan keadaan padat dan cair berada dalam keadaan setimbang:



Kurva tersebut memberikan informasi tentang titik leleh padatan atau titik beku cairan pada suhu dan tekanan tertentu. Umumnya peleburan (padat  $\rightarrow$  cair) atau pembekuan (cair  $\rightarrow$  padat) tidak dipengaruhi oleh tekanan sehingga kurva AB cenderung membentuk garis lurus.

Kurva AB untuk air agak miring ke kiri karena pembentukan es pada tekanan tinggi suhunya turun sebesar  $1^\circ\text{C}$  dari keadaan normal (1 atm). Hal ini disebabkan pada keadaan cair kurang rapat dibandingkan pada keadaan padat.

Kurva AC yang membagi wilayah cair dan gas memberikan informasi tentang tekanan uap air pada berbagai suhu. Kurva tersebut menunjukkan garis kesetimbangan fasa antara cair dan gas. Titik leleh dan titik didih air pada tekanan 1 atm ditunjukkan dengan garis putus-putus, berada pada suhu  $0^\circ\text{C}$  dan  $100^\circ\text{C}$ .

Kurva AD yang membagi wilayah padat dan gas memberikan informasi tentang tekanan uap padatan pada berbagai suhu. Kurva tersebut menunjukkan garis kesetimbangan fasa antara padat dan gas. Kurva ini berpotongan dengan kurva yang lain pada titik A. Titik A dinamakan *titik triplel*, yaitu titik di mana pada suhu dan tekanan tersebut terjadi kesetimbangan fasa antara gas, cair, dan padat secara bersama-sama. Titik triplel untuk air terjadi pada suhu  $0,01^\circ\text{C}$  dan tekanan 0,006 atm (4,58 mmHg).

Dengan diagram fasa, Anda dapat memperkirakan wujud suatu zat pada suhu dan tekanan tertentu. Pada tekanan 1 atm dan suhu  $25^\circ\text{C}$ , air akan berwujud cair, sedangkan pada suhu  $0^\circ\text{C}$  air berwujud padat (es). Diagram fasa yang lain misalnya diagram fasa  $\text{CO}_2$ , seperti ditunjukkan pada **Gambar 1.5**.

**Gambar 1.4**

**Diagram fasa air**

Titik triplel A ( $0,01^\circ\text{C}$ ; 0,006 atm), titik leleh (atau titik beku) normal B ( $0^\circ\text{C}$ ; 1 atm); titik didih normal C ( $100^\circ\text{C}$ ; 1 atm), dan titik kritis D ( $374,4^\circ\text{C}$ ; 217,7 atm).

**Catatan Note**

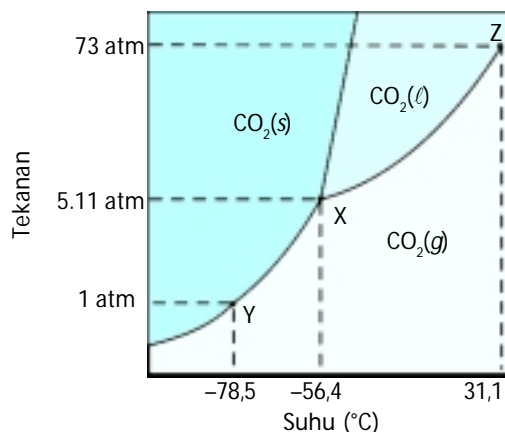
- Beberapa istilah fasa transisi:
- Penguapan:  $\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(g)$
  - Pengembunan:  $\text{H}_2\text{O}(g) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\ell)$
  - Peleburan:  $\text{H}_2\text{O}(s) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\ell)$
  - Pembekuan:  $\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(s)$
  - Sublimasi:  $\text{H}_2\text{O}(s) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(g)$
  - Deposisi:  $\text{H}_2\text{O}(g) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(s)$

**Terminology for transition fase:**

- Evaporation:  $\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(g)$
- Condensation:  $\text{H}_2\text{O}(g) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\ell)$
- Melt:  $\text{H}_2\text{O}(s) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\ell)$
- Freeze:  $\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(s)$
- Sublimation:  $\text{H}_2\text{O}(s) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(g)$
- Deposition:  $\text{H}_2\text{O}(g) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(s)$



**Gambar 1.5**  
**Diagram fasa karbon dioksida**  
 Titik tripel X ( $-56,4^{\circ}\text{C}$ ;  $5,11\text{ atm}$ ), titik sublimasi Y ( $-78,5^{\circ}\text{C}$ ;  $1\text{ atm}$ ), dan titik kritis Z ( $31,1^{\circ}\text{C}$ ;  $73,0\text{ atm}$ ).



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

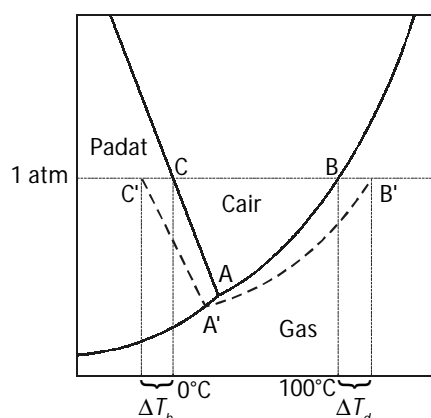
Titik tripel  $\text{CO}_2$  berada pada  $-56,4^{\circ}\text{C}$  dan  $5,11\text{ atm}$ . Oleh sebab itu,  $\text{CO}_2$  padat (*dry ice*) akan menyublim jika dipanaskan di bawah tekanan  $5,11\text{ atm}$ . Di atas  $5,11\text{ atm}$ , *dry ice* akan mencair jika dipanaskan. Pada suhu kamar dan tekanan udara normal *dry ice* menyublim sehingga sifat ini sering dimanfaatkan untuk pertunjukan panggung terbuka, agar di panggung tampak seperti berkabut. Dengan sedikit pemanasan, *dry ice* langsung menguap seperti asap.

## 2. Diagram Fasa dan Sifat Koligatif

Diagram fasa dapat digunakan untuk menyatakan sifat koligatif larutan, seperti kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan penurunan tekanan uap. Jika ke dalam air ditambahkan zat nonvolatil, larutan yang terbentuk akan memiliki titik didih lebih tinggi dibandingkan pelarut murninya. Adapun titik beku larutan akan lebih rendah dibandingkan titik beku pelarut murninya.

Perhatikanlah diagram fasa pada **Gambar 1.6**. Pada tekanan normal ( $1\text{ atm}$ ), pelarut murni air memiliki titik beku  $0^{\circ}\text{C}$  (titik C), titik didih  $100^{\circ}\text{C}$  (titik B), dan tekanan uap (kurva A – B) yang bergantung pada suhu. Adanya zat terlarut nonvolatil mengakibatkan pergeseran posisi kesetimbangan diagram fasa cair-gas.

**Gambar 1.6**  
 Diagram fasa larutan dalam pelarut air



Titik beku larutan lebih rendah dari titik beku pelarutnya (titik C'), titik didih larutan lebih tinggi dibandingkan titik didih pelarutnya (titik B'), dan tekanan uap turun, ditunjukkan oleh kurva (A' – B'). Demikian pula titik tripel larutan lebih rendah dari titik tripel air murni.

Nilai  $\Delta T_b$  dan  $\Delta T_d$  ditunjukkan oleh selisih pergeseran kesetimbangan antara pelarut murni dan larutannya, yaitu:  $\Delta T_b = C - C'$  dan  $\Delta T_d = B' - B$ . Penurunan tekanan uap larutan ditunjukkan oleh selisih garis AB - A'B'.

### Tes Kompetensi Subbab D

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Apa yang akan terjadi jika air dimasukkan ke dalam ruang vakum, kemudian suhunya diturunkan sampai di bawah titik tripel?
2. Pada tekanan berapakah titik didih pelarut murni (air) sama dengan titik didih larutannya? Jelaskan.
3. Mengapa garis kesetimbangan padat-cair pada diagram fasa  $\text{CO}_2$  tidak miring ke kiri, melainkan ke kanan?

## E. Tekanan Osmotik Larutan

Osmosis adalah *proses perpindahan larutan yang memiliki konsentrasi rendah melalui membran semipermeabel menuju larutan yang memiliki konsentrasi lebih tinggi hingga tercapai kesetimbangan konsentrasi*. Pada proses osmosis, molekul-molekul pelarut bermigrasi dari larutan encer ke larutan yang lebih pekat hingga dicapai keadaan kesetimbangan konsentrasi di antara kedua medium itu (lihat **Gambar 1.7**).

Tekanan yang diterapkan untuk menghentikan proses osmosis dari larutan encer atau pelarut murni ke dalam larutan yang lebih pekat dinamakan tekanan osmotik larutan, dilambangkan dengan  $\pi$ . Tekanan osmotik larutan berbanding lurus dengan konsentrasi molar zat. Dalam bentuk persamaan dapat ditulis sebagai berikut.

$$\pi \approx M \text{ atau } \pi = kM$$

$k$  adalah tetapan kesetaraan yang bergantung pada suhu. Untuk larutan encer harga  $k$  sama dengan  $RT$ , di mana  $R$  tetapan gas dan  $T$  adalah suhu mutlak.

Oleh karena kemolaran memiliki satuan mol per liter larutan maka tekanan osmotik larutan dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$\pi = M RT \text{ atau } \pi = \left(\frac{n}{V}\right) RT$$

Keterangan:

$\pi$  = Tekanan osmotik

$M$  = Molaritas larutan

$R$  = Tetapan gas ( $0,082 \text{ L atm mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ )

$T$  = Suhu (K)

### Contoh 1.9

#### Menentukan Tekanan Osmotik Larutan

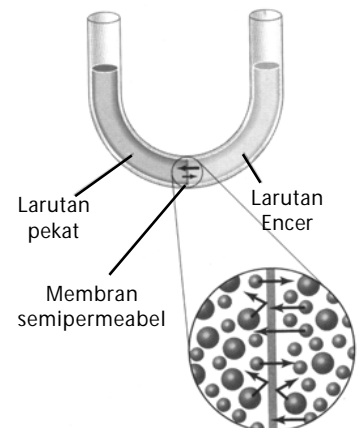
Berapakah tekanan osmotik larutan yang dibuat dari 18 g glukosa yang dilarutkan ke dalam air hingga volume larutan 250 mL? Diketahui suhu larutan  $27^\circ\text{C}$  dan  $R = 0,082 \text{ L atm mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ .

### Catatan Note



Membran semipermeabel adalah sejenis plastik berpori yang hanya dapat dilalui oleh molekul-molekul kecil seperti air.

*Semipermeable membrane is a kind of pored plastic, which only could passed by small molecules such as water.*



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

**Gambar 1.7**  
Proses osmosis



**Jawab:**

$$\text{Jumlah mol } C_6H_{12}O_6 = \frac{18 \text{ g}}{180 \text{ g mol}^{-1}} = 0,1 \text{ mol}$$

$$\text{Tekanan osmotik larutan: } \pi = \left( \frac{n}{V} \right) R T$$

$$\begin{aligned} \pi &= \frac{0,1 \text{ mol}}{0,25 \text{ L}} \times 0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 300 \text{ K} \\ &= 9,84 \text{ atm} \end{aligned}$$

Jadi, tekanan osmotik larutan sebesar 9,84 atm.

Dengan diketahuinya tekanan osmotik suatu larutan maka massa molekul relatif dari zat terlarut dapat ditentukan. Hal ini dilakukan dengan cara menata ulang persamaan tekanan osmotik menjadi:

$$M_r = \frac{\text{massa zat terlarut (g)}}{\pi \text{ (atm)} V \text{ (L)}}_{R.T}$$

### Contoh 1.10

#### Menentukan Massa Molekul Relatif dari Tekanan Osmotik

Sebanyak 0,01 g protein dilarutkan ke dalam air hingga volume larutan 25 mL. Jika tekanan osmotik larutan sebesar 1,25 mmHg pada 25°C. Hitunglah  $M_r$  protein.

**Jawab:**

Ubah besaran ke dalam satuan SI.

$$\pi = 1,25 \text{ mmHg} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} = 0,00164 \text{ atm}$$

$$\begin{aligned} M_r \text{ protein} &= \frac{0,01 \text{ g}}{(0,00164 \text{ atm})(0,025 \text{ L})} (0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(298 \text{ K}) \\ &= 5.960 \text{ g mol}^{-1} \end{aligned}$$

Jadi, massa molekul relatif protein adalah 5.960.

### Kata Kunci

- Hipotonik
- Hipertonik
- Isotonik
- Hemolisis
- Krenasi

## 1. Aplikasi Tekanan Osmotik

Jika dua buah larutan yang dipisahkan oleh membran semipermeabel memiliki tekanan osmotik sama, kedua larutan tersebut *isotonik* satu dengan yang lainnya. Jika salah satu larutan memiliki tekanan osmotik lebih besar dari larutan yang lain, larutan tersebut dinamakan *hipertonik*. Jika larutan memiliki tekanan osmotik lebih kecil daripada larutan yang lain, larutan tersebut dinamakan *hipotonik*.

Tekanan osmosis memainkan peranan penting dalam sistem hidup. Misalnya, dinding sel darah merah berfungsi sebagai membran semipermeabel terhadap pelarut sel darah merah. Penempatan sel darah merah dalam larutan yang hipertonik relatif terhadap cairan dalam sel menyebabkan cairan sel keluar sehingga mengakibatkan sel mengerut. Proses pengerutan sel seperti ini disebut *krenasi*.

Penempatan sel darah dalam larutan yang hipotonik relatif terhadap cairan dalam sel menyebabkan cairan masuk ke dalam sel sehingga sel darah merah akan pecah. Proses ini dinamakan *hemolisis*.

Seseorang yang membutuhkan pengganti cairan tubuh, baik melalui infus maupun meminum cairan pengganti ion tubuh harus memperhatikan konsentrasi cairan infus atau minuman. Konsentrasi cairan infus atau

minuman harus isotonik dengan cairan dalam tubuh untuk mencegah terjadi krenasi atau hemolisis.

Contoh osmosis yang lain di antaranya sebagai berikut.

- Ketimun yang ditempatkan dalam larutan garam akan kehilangan airnya akibat osmosis sehingga terjadi pengerutan;
- Wortel menjadi lunak akibat kehilangan air karena menguap. Ini dapat dikembalikan dengan merendam wortel dalam air. Wortel akan tampak segar karena menyerap kembali air yang hilang.

### Kegiatan Inkuiri

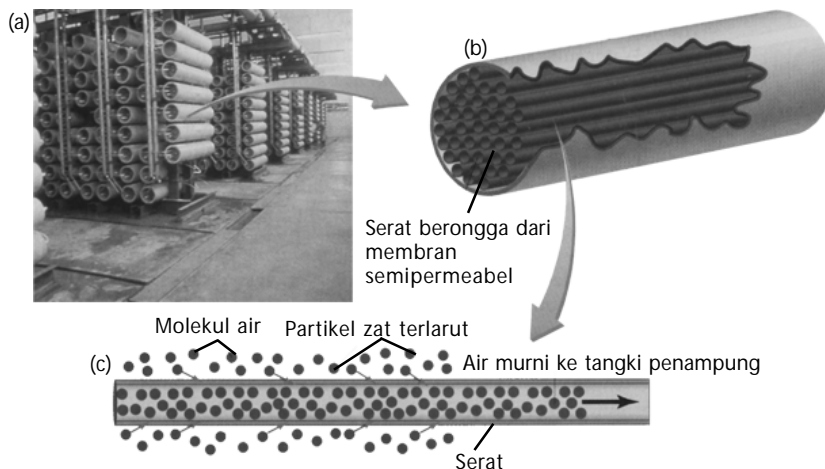


Apa yang terjadi jika cairan infus hipertonik atau hipotonik? Berapa kadar NaCl dalam infus agar isotonik dengan cairan dalam tubuh?

## 2. Osmosis Balik

Proses osmosis suatu larutan dapat dihentikan. Proses osmosis juga bahkan dapat dibalikkan arahnya dengan menerapkan tekanan yang lebih besar dari tekanan osmosis larutan. Proses ini dinamakan *osmosis balik*.

Osmosis balik berguna dalam *desalinasi* (penghilangan garam) air laut untuk memperoleh air tawar dan garam dapur, seperti dapat dilihat pada **Gambar 1.8**.



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

Penerapan tekanan dari luar yang melebihi nilai  $\pi$  menyebabkan terjadinya osmosis balik.

Pada proses desalinasi, molekul-molekul air keluar dari larutan meninggalkan zat terlarut. Membran yang dapat digunakan untuk proses osmosis balik adalah selulosa asetat. Membran ini dapat dilewati oleh molekul air, tetapi tidak dapat dilewati oleh ion-ion garam dari air laut.

**Gambar 1.8**

- Alat desalinasi air laut melalui osmosis balik.
- Alat desalinasi tersusun atas silinder-silinder yang dinamakan *permeator*, yang mengandung jutaan serat berongga kecil.
- Dengan adanya tekanan, air laut masuk ke dalam *permeator* dan masuk ke dalam serat berongga sehingga ion-ion garam dapat dipisahkan dari air laut.

### Kata Kunci

- Osmosis balik
- Desalinasi

### Kegiatan Inkuiri



Apa keunggulan dan kelemahan dari pemurnian air melalui proses demineralisasi (air dalam botol kemasan), *sand filtrasi* (air isi ulang), dan *reverse osmosis* (osmosis balik)?

## Contoh 1.11

### Menentukan Tekanan Luar pada Proses Osmosis Balik

Air gula ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) memiliki konsentrasi 0,5 M. Berapakah tekanan minimum yang harus diterapkan pada air gula 0,5 M untuk memisahkan gula dari pelarutnya secara osmosis balik pada  $25^{\circ}C$ ?

**Jawab:**

Tekanan minimum adalah tekanan luar yang setara dengan tekanan osmotik larutan.

$$\begin{aligned}\pi &= (0,5 \text{ mol L}^{-1})(0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(298\text{K}) \\ &= 4,018 \text{ atm}\end{aligned}$$

Jadi, tekanan luar yang diperlukan agar terjadi osmosis balik harus lebih besar dari 4,018 atm. (jika tekanan luar sama dengan  $\pi$ , tidak terjadi osmosis balik, tetapi hanya sampai menghentikan tekanan osmotik larutan).

## Tes Kompetensi Subbab E

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

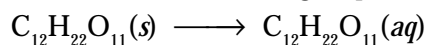
1. Berapakah tekanan osmotik larutan protein ( $M_r = 90.000$ ) yang dibuat dari 3 g protein dalam 750 mL larutan pada  $30^{\circ}C$ ?
2. Berapa mol glukosa dalam 500 mL larutan yang memiliki tekanan osmotik 3,75 atm pada 300K?
3. Sebanyak 5 g hemoglobin dilarutkan dalam air hingga volume larutan 100 mL. Tekanan osmotik larutan diukur pada  $25^{\circ}C$  dan menunjukkan tekanan sebesar 1,35 mmHg. Berapakah massa molekul relatif hemoglobin tersebut?

## F. Sifat Koligatif Larutan Elektrolit

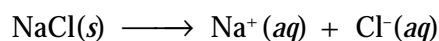
Sifat-sifat koligatif larutan yang telah dibahas sebelumnya hanya membahas larutan nonelektrolit yang tidak menguap di dalam larutannya. Bagaimana sifat koligatif larutan elektrolit? Berdasarkan hasil penyelidikan ilmiah, diketahui bahwa larutan elektrolit memiliki sifat koligatif yang tidak sama dengan larutan nonelektrolit akibat jumlah mol ion-ion dalam larutan meningkat sesuai derajat ionisasinya.

### 1. $\Delta T_b$ dan $\Delta T_d$ Larutan Elektrolit

Berdasarkan hasil penelitian diketahui, bahwa untuk kemolalan yang sama, penurunan titik beku dan kenaikan titik didih larutan elektrolit lebih besar dibandingkan larutan nonelektrolit. Mengapa? Jika gula pasir (nonelektrolit) dilarutkan ke dalam air, gula pasir akan terhidrasi ke dalam bentuk molekul-molekulnya. Akibatnya, jika satu mol gula pasir dilarutkan dalam air, akan dihasilkan satu mol molekul gula pasir di dalam larutan itu.



Jika garam dapur (elektrolit) dilarutkan dalam air, garam tersebut akan terionisasi membentuk ion  $Na^+$  dan  $Cl^-$ .



Jika satu mol garam dapur dilarutkan, akan terbentuk satu mol ion  $Na^+$  dan satu mol ion  $Cl^-$  atau terbentuk dua mol ion. Sifat koligatif larutan hanya bergantung pada banyaknya zat terlarut sehingga sifat koligatif larutan elektrolit selalu lebih tinggi dibandingkan dengan larutan nonelektrolit.

Satu molal gula pasir dapat meningkatkan titik didih hingga  $1,86^{\circ}\text{C}$ . Adapun satu molal larutan garam dapur dapat meningkatkan titik didih menjadi dua kali lipat atau setara dengan  $3,72^{\circ}\text{C}$ .

Kenaikan titik didih larutan  $\text{MgCl}_2$  1 m menjadi tiga kali lebih tinggi dibandingkan larutan gula pasir sebab dalam larutan  $\text{MgCl}_2$  terbentuk tiga mol ion, yaitu satu mol ion  $\text{Mg}^{2+}$  dan dua mol ion  $\text{Cl}^-$ . Persamaan ionnya:



Untuk larutan elektrolit lemah, seperti  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{HF}$ , penurunan titik beku dan kenaikan titik didih berkisar di antara larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit sebab larutan elektrolit lemah terionisasi sebagian.

Hubungan antara jumlah mol zat terlarut dan jumlah mol ionnya di dalam larutan telah dipelajari oleh **van't Hoff**, yang dinamakan *faktor van't Hoff*, dan dilambangkan dengan  $i$ .

$$i = \frac{\text{Jumlah mol ion dalam larutan}}{\text{Jumlah mol zat yang dilarutkan}}$$

Nilai  $i$  untuk larutan garam ditentukan berdasarkan jumlah ion-ion per satuan rumus. Misalnya,  $\text{NaCl}$  memiliki nilai  $i = 2$ ;  $\text{K}_2\text{SO}_4$  memiliki nilai  $i = 3$ ; dan seterusnya. Nilai tersebut didasarkan pada asumsi bahwa garam-garam yang larut terionisasi sempurna.

### Kegiatan Inkuiri



Bandungkan titik didih larutan yang mengandung jumlah molal sama antara larutan  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  (nonelektrolit),  $\text{NaCl}$  (elektrolit),  $\text{AlCl}_3$  (elektrolit), dan kafein (nonelektrolit).

### Contoh 1.12

#### Menghitung Sifat Koligatif Larutan Elektrolit

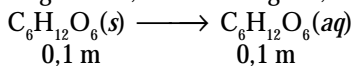
Berapakah penurunan titik beku larutan berikut dalam pelarut air?

Diketahui  $K_b$  air =  $1,86^{\circ}\text{C m}^{-1}$ .

- Larutan glukosa 0,1 m
- Larutan  $\text{NaCl}$  0,1 m

**Jawab:**

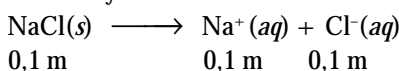
- Oleh karena glukosa adalah zat nonelektrolit maka jumlah molekul glukosa dalam larutan glukosa 0,1 m sama dengan 0,1 m.



Penurunan titik beku larutannya:

$$\begin{aligned} \Delta T_b &= i \times m \times K_b \\ &= 1 \times 0,1 \text{ m} \times 1,86^{\circ}\text{C m}^{-1} \\ &= 0,186^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

- Oleh karena  $\text{NaCl}$  adalah zat elektrolit maka dalam larutan  $\text{NaCl}$  0,1 m akan terdapat 0,2 m ion-ionnya:



Penurunan titik beku larutannya:

$$\begin{aligned} \Delta T_b &= 2 \times 0,1 \text{ m} \times 1,86^{\circ}\text{C m}^{-1} \\ &= 0,372^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$



### Mahir Menjawab

Agar 10 kg air tidak membeku pada suhu  $-5^{\circ}\text{C}$ , perlu ditambahkan garam  $\text{NaCl}$ . Jika diketahui  $K_b$  air = 1,86 dan  $A_r$ ,  $H = 1$ ;  $O = 16$ ;  $Na = 23$ ;  $Cl = 35,5$  maka pernyataan berikut benar, kecuali ...

- diperlukan  $\text{NaCl}$  lebih dari 786 g
- larutan  $\text{NaCl}$  adalah elektrolit kuat
- bentuk molekul air tetrahedral
- $\text{NaCl}$  dapat terionisasi sempurna
- dalam air terdapat ikatan hidrogen

#### Pembahasan

Pada reaksi di atas,  $\text{NaCl}$  adalah elektrolit yang mengalami ionisasi sempurna. Ikatan kimia pada air adalah ikatan hidrogen dengan bentuk molekul "V".

$$\Delta = \frac{g}{M_r} \times 1000 \times$$

$$5 = 1,86 \times 58,5 \times 1000 \times \{1 + (2-1)\}$$

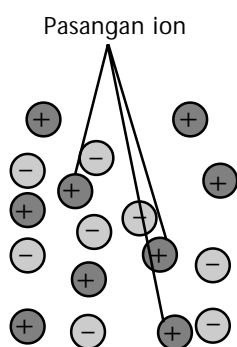
massa  $\text{NaCl} = 786 \text{ g}$

Jadi, pernyataan yang salah adalah (C) bentuk molekul air tetrahedral.

SPMB 2004

### Kata Kunci

- Derajat ionisasi
- Terionisasi sebagian
- Terionisasi sempurna
- Faktor van't Hoff
- Asosiasi ion



**Gambar 1.9**  
Asosiasi ion-ion dalam larutan garam

Anggapan bahwa garam-garam yang terionisasi sempurna akan membentuk ion-ion dengan jumlah yang sama dengan koefisien reaksinya, ternyata tidak selalu benar. Ion-ion dalam larutan dapat berinteraksi satu sama lain, seolah-olah tidak terionisasi.

Semakin besar konsentrasi garam yang dilarutkan, semakin besar peluang ion-ion untuk berasosiasi kembali sehingga penyimpangan dari faktor van't Hoff di atas semakin tinggi. Berdasarkan data penelitian, diketahui bahwa penurunan titik beku larutan NaCl 0,1 m sama dengan 1,87 kali dibandingkan dengan larutan glukosa. Menurut perhitungan seharusnya dua kali lebih besar dari larutan gula.

Penyimpangan tersebut terjadi akibat adanya *asosiasi ion-ion* di dalam larutan, seperti ditunjukkan pada **Gambar 1.9**. Nilai penyimpangan beberapa garam ditunjukkan pada **Tabel 1.4**.

**Tabel 1.4** Nilai Penyimpangan Faktor van't Hoff Beberapa Garam dengan Konsentrasi 0,05 m

Larutan	Hitungan	Hasil Pengamatan
NaCl	2	1,9
MgCl <sub>2</sub>	3	2,7
MgSO <sub>4</sub>	2	1,3
FeCl <sub>3</sub>	4	3,4
HCl	2	1,9
Glukosa*	1	1,0

\*) larutan nonelektrolit sebagai pembanding

Sumber: Chemistry (Zumdahl and Steven, S), 1989

### Contoh 1.13

#### Menentukan Tekanan Osmotik Larutan Elektrolit

Air laut mengandung 0,5 M NaCl. Hitunglah tekanan osmotik pada 25°C dan berapa persen fase penyimpangan dari faktor van't Hoff. Diketahui faktor van't Hoff untuk NaCl = 1,9.

**Jawab:**

Oleh karena NaCl adalah larutan elektrolit, secara teoritis akan terdapat ion-ion sebanyak 2 kali konsentrasi garamnya.

Perhitungan tekanan osmotik secara teoritis:

$$\begin{aligned}\pi &= (2) MRT = (2) (0,5 \text{ mol L}^{-1}) (0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}) (298 \text{ K}) \\ &= 24,436 \text{ atm}\end{aligned}$$

Perhitungan tekanan osmotik secara eksperimen:

$$\begin{aligned}\pi &= (i) MRT = (1,9) (0,5 \text{ mol L}^{-1}) (0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}) (298 \text{ K}) \\ &= 23,214 \text{ atm}\end{aligned}$$

Persentase fase penyimpangan dari perhitungan teoritis adalah

$$\frac{24,436 - 23,214}{24,436} \times 100\% = 5\%$$

Sifat koligatif larutan elektrolit dapat dipakai untuk menentukan derajat ionisasi asam atau basa lemah di dalam larutan. Perhatikanlah contoh soal berikut.

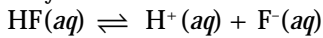
## Contoh 1.14

### Menghitung Persentase Fase Ionisasi Larutan Elektrolit Lemah

Berdasarkan hasil pengukuran diketahui bahwa titik beku larutan HF 1,0 m adalah  $-1,91^{\circ}\text{C}$ . Berapa persen fase HF yang terionisasi?

**Jawab:**

Senyawa HF dalam larutan terionisasi sebagian membentuk kesetimbangan:



Misalkan, molekul HF yang terionisasi sebanyak  $x$  mol  $\text{kg}^{-1}$  maka:

$$[\text{H}^+] = x \text{ m}; [\text{F}^-] = x \text{ m}$$

Sifat koligatif larutan tidak bergantung pada jenis zat terlarut (ion atau molekul), tetapi hanya ditentukan oleh jumlah spesi yang ada di dalam larutan. Oleh karena itu, penurunan titik beku ditentukan oleh jumlah molal spesi yang ada dalam larutan atau faktor van't Hoff. Jumlah spesi yang ada dalam larutan adalah:

$$\begin{aligned} (i) &= (\text{HF}) + (\text{H}^+) + (\text{F}^-) \\ &= \{(1,0 - x) + (x) + (x)\} \text{ m} = (1,0 + x) \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah spesi di atas menyatakan kemolalan. Jadi, kemolalan larutan adalah  $(1,0 + x) \text{ m}$

Dengan demikian,

$$\Delta T_b = m K_b$$

$$1,91^{\circ}\text{C} = \{(1,0 + x) \text{ m}\} (1,86^{\circ}\text{C m}^{-1})$$

$$\text{atau } x = 0,03 \text{ m}$$

Persentase fase HF yang terionisasi dihitung berdasarkan jumlah molal HF terionisasi dibagi mula-mula:

$$\frac{0,03 \text{ m}}{1,0 \text{ m}} \times 100\% = 3\%$$

Jadi, senyawa HF yang terionisasi sebanyak 3%.

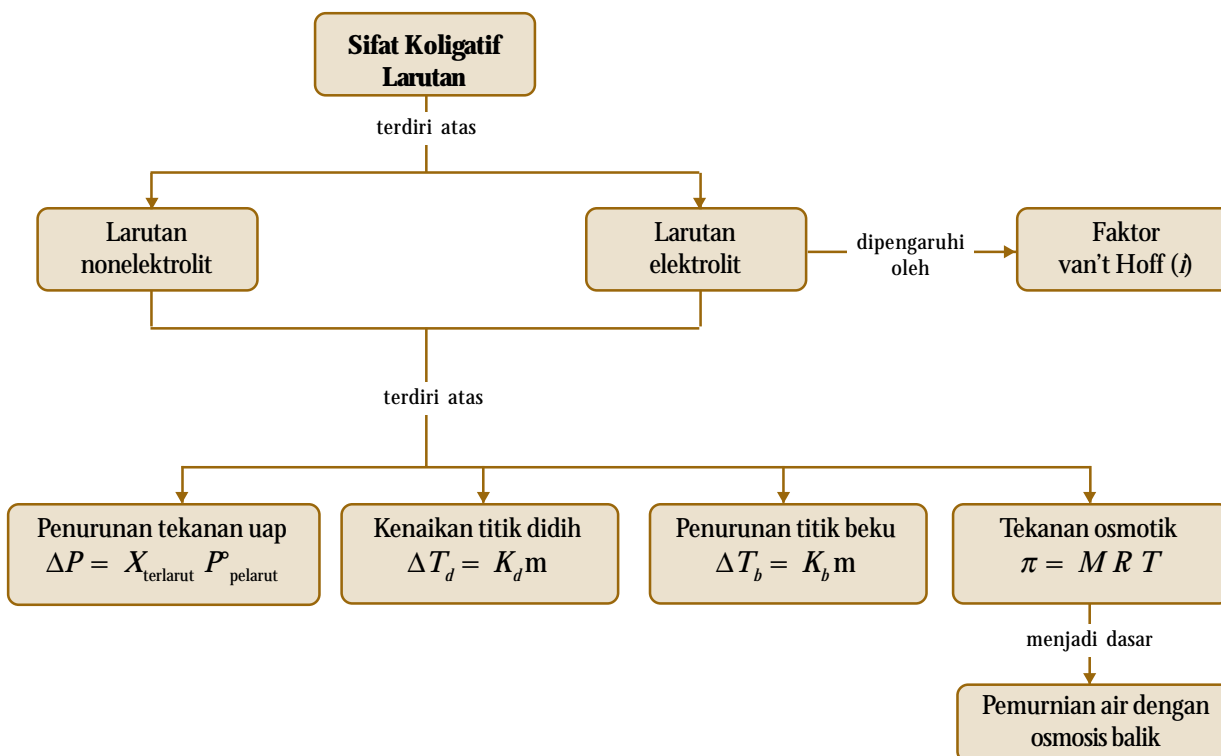
## Tes Kompetensi Subbab F

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Bandingkan kenaikan titik didih larutan berikut dengan konsentrasi molal yang sama pada  $25^{\circ}\text{C}$ :  
(a)  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  0,5 m; dan (b)  $\text{MgCl}_2$  0,5 m.
2. Perkirakanlah titik didih larutan  $\text{MgCl}_2$  0,05 m. Diketahui nilai  $i = 2,7$ . Berapa persen fase penyimpangannya dari hasil perhitungan?
3. Berapakah penurunan titik beku larutan  $\text{HClO}_2$  0,1 molal jika  $\text{HClO}_2$  di dalam larutan terionisasi sebanyak 0,1%?
4. Pada pembuatan es krim, mengapa perlu ditambahkan garam?

## Rangkuman

1. Sifat koligatif larutan adalah sifat-sifat larutan yang tidak bergantung pada jenis zat terlarut, tetapi bergantung pada jumlah zat terlarut.
2. Zat-zat terlarut yang memengaruhi sifat koligatif larutan adalah zat yang sukar atau tidak mudah menguap (nonvolatil).
3. Sifat koligatif larutan menggunakan satuan molal dan fraksi mol. Molalitas adalah jumlah mol zat terlarut dalam 1 kg pelarut. Fraksi mol adalah jumlah mol fraksi suatu zat di dalam suatu larutan.
4. Terdapat empat sifat fisika larutan yang tergolong sifat koligatif larutan yaitu: penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmotik.
5. Tekanan uap adalah tekanan yang ditimbulkan oleh fasa uap suatu zat cair yang membentuk keadaan kesetimbangan dengan cairannya. Nilai tekanan uap larutan dinyatakan dengan Hukum Raoult.  
$$P_{\text{larutan}} = X_{\text{pelarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$$
6. Tekanan uap suatu larutan selalu lebih rendah dari tekanan uap pelarut murninya. Selisih tekanan uap pelarut murni dan tekanan uap larutan dinamakan Penurunan Tekanan Uap (PTU) atau  $\Delta P$ , yaitu:  
$$\Delta P = X_{\text{terlarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$$
7. Titik didih larutan selalu lebih tinggi dibandingkan titik didih pelarut murninya. Besarnya kenaikan titik didih ( $\Delta T_d$ ) dinyatakan dengan rumus:  
$$\Delta T_d = K_d \times m$$
8. Titik beku larutan selalu lebih rendah dari titik beku pelarut murninya. Besarnya penurunan titik beku larutan adalah  
$$\Delta T_b = K_b \times m.$$
9. Diagram fasa adalah suatu cara untuk menyatakan perubahan wujud suatu zat secara diagram berdasarkan suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan tekanan (atm).
10. Osmosis adalah proses perpindahan pelarut dari larutan yang memiliki konsentrasi lebih rendah ke larutan yang konsentrasinya lebih tinggi melalui membran semipermeabel yang hanya dapat dilalui oleh molekul-molekul pelarut.
11. Tekanan osmotik adalah tekanan yang ditimbulkan oleh proses osmosis, akibat perbedaan konsentrasi antara dua larutan yang dipisahkan oleh membran semipermeabel.
12. Besarnya tekanan osmotik suatu larutan dinyatakan dengan rumus:  
$$\pi = MRT$$
13. Tekanan osmotik suatu larutan dapat dibalikkan dengan cara menerapkan tekanan dari luar yang nilainya lebih besar dari tekanan osmotik larutan. Prinsip osmosis balik digunakan untuk memperoleh air murni dari air laut (desalinasi).
14. Sifat koligatif larutan elektrolit memiliki nilai lebih tinggi dari sifat koligatif larutan nonelektrolit untuk jumlah mol yang sama.
15. Besarnya sifat koligatif larutan elektrolit merupakan kelipatan dari sifat koligatif larutan nonelektrolit sebesar faktor van't Hoff.



## Refleksi

Apakah Anda merasa kesulitan dalam memahami materi di Bab 1 ini? Bagian manakah dari materi Bab 1 ini yang tidak Anda kuasai? Jika Anda merasa kesulitan, diskusikan dengan teman atau guru Anda.

Dengan mempelajari bab ini, Anda dapat memahami sifat koligatif larutan baik larutan nonelektrolit maupun elektrolit. Kemudian, Anda juga dapat memahami hubungannya dengan perhitungan massa molekul relatif suatu zat. Selain itu, Anda telah mengetahui perbedaan antara sifat koligatif larutan nonelektrolit dan larutan elektrolit yang dapat

memperdalam pemahaman Anda mengenai sifat koligatif itu sendiri, sekaligus membantu Anda dalam mengembangkan keterampilan berpikir analisis.

Pemahaman mengenai sifat koligatif dapat diaplikasikan secara langsung pada beberapa hal dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya, pemanfaatan garam untuk menurunkan titik beku es atau salju dan penggunaan infus di rumah sakit.

Tahukah Anda manfaat lainnya dari mempelajari sifat koligatif larutan?



### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

- Fraksi mol metanol dalam larutan air mengandung 80% metanol adalah ....
  - 0,3
  - 0,5
  - 0,2
  - 0,69
  - 0,9
- UMPTN 1998:**  
Fraksi mol larutan metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) dalam air adalah 0,5. Konsentrasi metanol dalam larutan (dalam persen berat metanol) adalah ....
  - 50%
  - 60%
  - 64%
  - 75%
  - 80%
- Larutan etanol dalam air adalah 12% berat etanol, dengan massa jenis  $0,98 \text{ g mL}^{-1}$  pada  $20^\circ\text{C}$ . Kemolalan etanol dalam larutan adalah ....
  - 0,05 m
  - 0,12 m
  - 2,55 m
  - 2,96 m
  - 12,00 m
- Kemolalan larutan yang dibuat dari 0,1 mol NaOH dalam 500 g air adalah ....
  - 0,05 m
  - 0,10 m
  - 0,2 m
  - 0,45 m
  - 0,50 m
- Sebanyak 11 g  $\text{MgCl}_2$  dilarutkan dalam 2 kg air, kemolalan larutan yang terbentuk adalah ....
  - 0,05 m
  - 0,10 m
  - 0,25 m
  - 0,40 m
  - 0,50 m
- Tekanan uap larutan adalah ....
  - tekanan di atas larutan
  - tekanan pelarut murni di permukaan larutan
  - tekanan yang diberikan oleh komponen larutan dalam fasa uap
  - selisih tekanan uap pelarut murni dengan tekanan zat terlarut
  - selisih tekanan uap pelarut murni dengan tekanan larutan
- Peristiwa berkurangnya tekanan uap larutan terjadi akibat ....
  - adanya zat terlarut yang mudah menguap
  - adanya zat terlarut yang sukar menguap
  - adanya komponen pelarut dalam fasa uap
  - pelarut dan zat terlarut yang tidak bercampur
  - penurunan gaya tarik antarmolekul
- Besarnya penurunan tekanan uap larutan ....
  - berbanding lurus dengan fraksi zat terlarut
  - sama pada setiap temperatur
  - sama untuk setiap pelarut
  - bergantung pada jumlah pelarut
  - bergantung pada jenis zat terlarut
- Ebtanas 2000:**  
Sebanyak X g  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$  ( $M_r = 62$ ) dilarutkan ke dalam 468 g air ( $M_r = 18$ ) sehingga tekanan uap jenuh larutan pada suhu  $30^\circ\text{C} = 28,62 \text{ mmHg}$ . Jika pada suhu itu tekanan uap air murni  $31,8 \text{ mmHg}$ , harga X adalah ....
  - 358 g
  - 270 g
  - 179 g
  - 90 g
  - 18 g
- Ebtanas 1999:**  
Tekanan uap jenuh air pada  $100^\circ\text{C}$  adalah  $760 \text{ mmHg}$ . Jika 18 g glukosa ( $M_r = 180$ ) dilarutkan dalam 90 gram air ( $M_r = 18$ ), pada suhu tersebut tekanan uap larutan adalah ....
  - 745,1 mmHg
  - 757,2 mmHg
  - 775,2 mmHg
  - 754,1 mmHg
  - 772,5 mmHg
- Untuk menaikkan titik didih 250 mL air menjadi  $100,1^\circ\text{C}$  pada tekanan 1 atm ( $K_d = 0,50$ ) maka jumlah gula ( $M_r = 342$ ) yang harus dilarutkan adalah ....
  - 684 g
  - 171 g
  - 86 g
  - 17,1 g
  - 342 g
- Zat nonvolatil berikut akan mempunyai tekanan uap larutan paling rendah jika dilarutkan dalam pelarut benzena (diketahui jumlah gram terlarut sama), yaitu ....
  - $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
  - $(\text{CH}_3)_2(\text{OH})_2$
  - $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$
  - $\text{C}_3\text{H}_{10}$
  - $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$
- Larutan yang mempunyai titik beku paling rendah (diketahui molalitas larutan sama = 0,10 molal) adalah ....
  - $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$
  - $\text{CuSO}_4$
  - $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
  - $\text{NiCl}_2$
  - $\text{NH}_4\text{NO}_3$
- Zat-zat berikut akan memiliki kenaikan titik didih paling tinggi jika dilarutkan dalam air dengan berat yang sama adalah ....
  - $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$
  - $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
  - $\text{CS}(\text{NH}_3)_2$
  - $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$
  - $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$
- Jika 30 g dari masing-masing zat berikut dilarutkan dalam 1 kg air, zat yang akan memberikan larutan dengan titik didih paling tinggi adalah ....
  - $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
  - $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$
  - $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
  - $\text{CH}_3\text{OH}$
  - $\text{CH}_3\text{OCH}_3$
- Titik beku suatu larutan nonelektrolit dalam air adalah  $-0,14^\circ\text{C}$ . Molalitas larutan adalah ....

- A. 1,86 m
- B. 1,00 m
- C. 0,15 m
- D. 0,14 m
- E. 0,075 m

17. **Ebtanas 1998:**

Sebanyak 1,8 g zat nonelektrolit dilarutkan ke dalam 200 g air. Jika penurunan titik beku larutan  $0,93^{\circ}\text{C}$  ( $K_b$  air =  $1,86^{\circ}\text{C m}^{-1}$ ) maka massa molekul relatif zat tersebut adalah ....

- A. 18
- B. 19
- C. 20
- D. 21
- E. 22

18. Titik beku larutan yang dibuat dengan melarutkan 20,5 g suatu zat yang rumus empirisnya  $(\text{C}_3\text{H}_2)_n$  dalam 400 g benzena adalah  $4,33^{\circ}\text{C}$ . Titik beku benzena murninya adalah  $5,48^{\circ}\text{C}$ . Rumus molekul senyawa tersebut adalah ....

- A.  $\text{C}_3\text{H}_2$
- B.  $\text{C}_6\text{H}_4$
- C.  $\text{C}_9\text{H}_6$
- D.  $\text{C}_{15}\text{H}_{10}$
- E.  $\text{C}_{18}\text{H}_{12}$

19. Sebanyak 0,45 g suatu zat dilarutkan dalam 30 g air. Titik beku air mengalami penurunan sebesar  $0,15^{\circ}\text{C}$ . Massa molekul zat tersebut adalah ....

- A. 100
- B. 83,2
- C. 186
- D. 204
- E. 50

20. Sebanyak 30 g zat nonelektrolit ( $M_r = 40$ ) dilarutkan dalam 900 g air; titik bekunya  $-1,55^{\circ}\text{C}$ . Agar diperoleh penurunan titik beku setengah dari titik beku tersebut, zat tersebut harus ditambahkan ke dalam 1.200 g air sebanyak ....

- A. 10 g
- B. 15 g
- C. 20 g
- D. 45 g
- E. 0,05 g

21. Konsentrasi larutan suatu polipeptida (pembentuk protein) dalam air adalah  $10^{-3}$  M pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$ . Tekanan osmotik larutan ini adalah ....

- A. 0,0245
- B. 0,760
- C. 18,6
- D. 24,5
- E. 156

22. **Ebtanas 2000:**

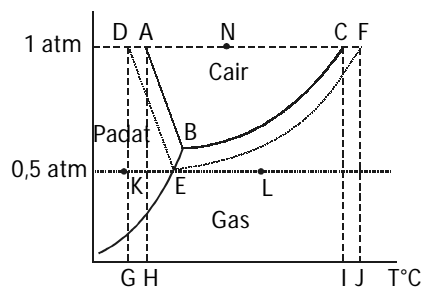
Pada suhu  $27^{\circ}\text{C}$ , sukrosa  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  ( $M_r = 342$ ) sebanyak 17,1 g dilarutkan dalam air hingga volumenya 500 mL,  $R = 0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . Tekanan osmotik larutan yang terjadi sebesar ....

- A. 0,39 atm
- B. 2,46 atm
- C. 3,90 atm
- D. 4,80 atm
- E. 30,0 atm

23. Suatu larutan diperoleh dengan melarutkan 6 g urea ( $M_r = 60$ ) ke dalam satu liter air. Larutan lain diperoleh dengan melarutkan 18 g glukosa ( $M_r = 180$ ) dalam satu liter air. Pada suhu yang sama, tekanan osmotik larutan pertama ....

- A.  $\frac{1}{3}$  larutan kedua
- B. 3 kali larutan kedua
- C.  $\frac{2}{3}$  larutan kedua
- D. sama dengan kedua
- E.  $\frac{3}{2}$  larutan kedua

Untuk menjawab soal nomor 24 sampai dengan 28, perhatikanlah diagram fasa berikut.



24. Menurut diagram fasa tersebut, yang merupakan daerah perubahan titik didih adalah ....

- A. A - B
- B. B - C
- C. D - E
- D. G - H
- E. I - J

25. Jika suhu dinaikkan dari titik K ke titik L pada tekanan tetap 0,5 atm, proses yang terjadi adalah ....

- A. sublimasi
- B. pembekuan
- C. penguapan
- D. peleburan
- E. kondensasi

26. Jika suhu dinaikkan dari titik D ke titik N pada tekanan tetap 1 atm, proses yang terjadi adalah ....

- A. sublimasi
- B. pembekuan
- C. penguapan
- D. peleburan
- E. kondensasi

27. Dari diagram fasa tersebut yang merupakan titik didih normal air adalah....

- A. A
- B. B
- C. C
- D. D
- E. F

28. Perubahan daerah titik beku larutan pada diagram fasa tersebut, yaitu antara ....

- A. A - B
- B. B - C
- C. D - E
- D. G - H
- E. I - J

29. **Ebtanas 1997:**

Data percobaan penurunan titik beku:

Larutan	Konsentrasi (molal)	Titik Beku (°C)
NaCl	0,1	-0,372
NaCl	0,2	-0,744
CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	0,1	-0,186
CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	0,2	-0,372
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	0,1	-0,186

Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa penurunan titik beku bergantung pada ....

- jenis zat terlarut
  - konsentrasi molal larutan
  - jenis pelarut
  - jenis partikel zat terlarut
  - jumlah partikel zat terlarut
30. **Ebtanas 1999:**  
Larutan NaCl 0,4 molal membeku pada -1,488°C. Jika harga  $K_b = 1,86^\circ\text{C m}^{-1}$ , derajat ionisasi larutan elektrolit tersebut adalah ....
- 0,02
  - 0,05
  - 0,50
  - 0,88
  - 1,00

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.**

- Umumnya, desinfektan yang dipasarkan adalah 3,0% (berat) larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dalam air. Dengan asumsi bahwa massa jenis larutan adalah 1,0 g cm<sup>-3</sup>, hitunglah kemolalan dan fraksimol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.
- Suatu larutan dibuat dengan mencampurkan 50 mL toluena (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>3</sub>,  $\rho = 0,867 \text{ g cm}^{-3}$ ) dan 125 mL benzena (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>,  $\rho = 0,874 \text{ g cm}^{-3}$ ). Berapakah fraksi mol dan kemolalan toluena?
- Hitunglah tekanan uap larutan dan tekanan osmotik suatu larutan 10% sukrosa pada suhu 25°C. Massa jenis larutan tersebut adalah 1,04 g mL<sup>-1</sup>, dan tekanan uap air murni pada suhu 25°C adalah 23,76 mmHg.
- Hitunglah massa molekul suatu senyawa, jika 1,15 gram senyawa tersebut dilarutkan dalam 75 gram benzena memberikan kenaikan titik didih sebesar 0,275°C.

31. Sebanyak 20 g zat elektrolit biner ( $M_r = 100$ ) dilarutkan dalam 500 g air. Titik bekunya adalah -0,74°C. Derajat ionisasi zat elektrolit ini adalah ....

- 90%
  - 50%
  - 75%
  - 100%
  - 0%
32. Tekanan osmotik tiga jenis larutan dengan molaritas yang sama, misalnya urea, asam propanoat, dan natrium klorida diukur pada suhu yang sama. Pernyataan yang benar adalah ....
- tekanan osmotik urea paling besar
  - tekanan osmotik asam propanoat lebih besar dari natrium klorida.
  - tekanan osmotik asam propanoat paling besar.
  - tekanan osmotik asam propanoat lebih besar dari urea.
  - semua tekanan osmotik larutan sama.
33. Larutan 5,8% NaCl dalam air akan memiliki tekanan osmotik sama dengan ....
- larutan sukrosa 5,8% dalam air
  - larutan 5,8% glukosa dalam air
  - larutan 0,2 molal sukrosa
  - larutan 1 molal glukosa
  - larutan 4 molal glukosa

- Hitunglah massa etilen glikol (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>) yang terdapat dalam 1.000 g air untuk menurunkan titik beku larutan hingga -10°C.
- Tiroksin adalah salah satu jenis hormon yang mengontrol metabolisme tubuh dan dapat diisolasi dari kelenjar tiroid. Larutan yang mengandung 1,138 g tiroksin dalam 25 g benzena memberikan tekanan osmotik sebesar 1,24 atm pada 20°C. Jika massa jenis benzena = 0,8787 g mL<sup>-1</sup>, hitunglah massa molekul tiroksin.
- Larutan 19 gram NaCl dalam 250 g air mempunyai derajat ionisasi 0,83. Jika tekanan uap air pada suhu tersebut adalah 20 mmHg, hitunglah tekanan uap larutan tersebut.
- Suatu asam HA 0,25 m dalam air membeku pada suhu -0,651. Berapakah derajat ionisasi asam tersebut?

# Bab 2



Sumber: [www.mpbdp.org](http://www.mpbdp.org)

Kalkulator bekerja karena terjadinya proses reaksi redoks.

## Reaksi Redoks dan Elektrokimia

### Hasil yang harus Anda capai:

menerapkan konsep reaksi oksidasi reduksi dan elektrokimia dalam teknologi dan kehidupan sehari-hari.

### Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

- menerapkan konsep reaksi oksidasi reduksi dalam sistem elektrokimia yang melibatkan energi listrik dan kegunaannya dalam mencegah korosi dan dalam industri;
- menjelaskan reaksi oksidasi reduksi dalam sel elektrolisis.
- menerapkan Hukum Faraday untuk elektrolisis larutan elektrolit.

Apakah Anda sering menggunakan kalkulator untuk menghitung? Tidak hanya Anda, penjual sayuran di lingkungan tempat Anda tinggal juga sering menggunakan kalkulator, bukan? Bagaimanakah kalkulator dapat bekerja? Sumber tenaga apakah yang bekerja pada kalkulator?

Anda tentu telah mempelajari prinsip-prinsip reaksi redoks di kelas X. Masih ingatkah Anda apa yang dimaksud dengan reaksi spontan? Reaksi spontan terjadi karena adanya perbedaan kemampuan afinitas elektron antarpereaksi dalam baterai. Reaksi ini menyebabkan terjadinya aliran elektron. Aliran elektron inilah yang bertindak sebagai sumber tenaga listrik sehingga kalkulator dapat digunakan untuk menghitung.

Pada bab reaksi redoks dan elektrokimia, Anda akan mempelajari kembali dan memahami lebih dalam tentang reaksi redoks berdasarkan perubahan biloks. Reaksi redoks dapat menjelaskan mengenai proses yang terjadi dalam sel elektrokimia, sel elektrolisis, dan korosi. Bagaimanakah prinsip redoks dalam sel elektrokimia, sel elektrolisis, dan korosi? Anda dapat mengetahuinya setelah mempelajari bab ini.

- A. Penyetaraan Reaksi Redoks
- B. Sel Elektrokimia
- C. Sel Elektrolisis
- D. Korosi dan Pengendaliannya

## Tes Kompetensi Awal

1. Apa yang dimaksud dengan reaksi redoks? Jelaskan secara lengkap berdasarkan perkembangan konsepnya.
2. Apa yang dimaksud dengan perubahan biloks? Hubungkan dengan perpindahan elektron yang terjadi.
3. Apa yang dimaksud dengan oksidator dan reduktor. Hubungkan dengan perpindahan elektron yang terjadi.

## A. Penyetaraan Reaksi Redoks

Persamaan reaksi yang melibatkan redoks biasanya sukar untuk disetarakan dengan cara biasa sebagaimana Anda pelajari di Kelas X, tetapi memerlukan metode khusus. Ada dua metode untuk menyetarakan reaksi redoks, yaitu *metode perubahan biloks (PBO)* dan *metode setengah reaksi*. Metode PBO melibatkan perubahan biloks, sedangkan metode setengah reaksi melibatkan pelepasan dan penerimaan elektron.

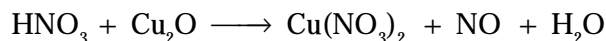
### Kegiatan Inkuiri



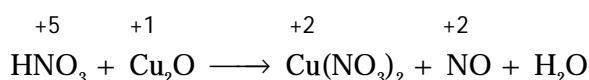
Apakah semua reaksi melibatkan perubahan bilangan oksidasi? Berikan contoh reaksinya.

#### 1. Metode PBO

Metode ini didasarkan pada *kekekalan muatan*, yakni kenaikan biloks atom teroksidasi harus sama dengan penurunan biloks atom tereduksi. Perhatikanlah persamaan reaksi berikut.

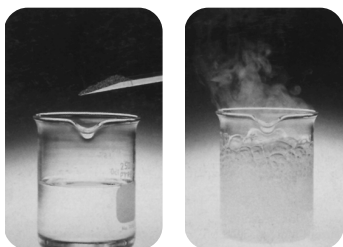
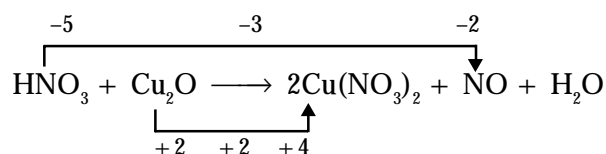


Atom yang mengalami perubahan biloks dapat ditentukan melalui pemeriksaan setiap atom. Dari hasil ini diketahui bahwa atom N dan Cu mengalami perubahan biloks.



Berdasarkan prinsip kekekalan muatan, setiap atom yang mengalami perubahan biloks harus disetarakan dengan cara mengubah koefisien reaksinya. Atom yang tidak mengalami perubahan biloks tidak perlu disetarakan pada tahap penyetaraan biloks, tetapi disetarakan pada tahap akhir untuk memenuhi *Hukum Kekekalan Massa*.

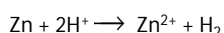
Pada persamaan reaksi tersebut, biloks atom N berubah dari +5 menjadi +2 (terjadi penurunan biloks sebesar 3 satuan). Pada atom Cu, terjadi perubahan biloks dari +1 menjadi +2 (terjadi kenaikan biloks). Oleh karena ada dua atom Cu, kenaikan total biloks Cu adalah 2 satuan. Perubahan biloks atom-atom pada reaksi tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk diagram berikut.



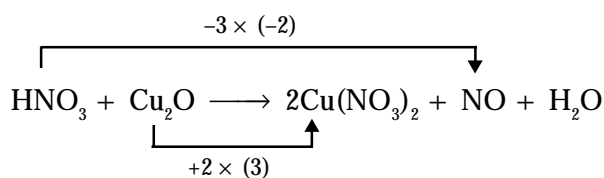
Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

**Gambar 2.1**

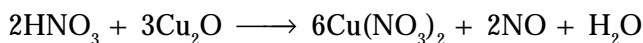
Serbuk seng dimasukkan ke dalam larutan HCl akan terjadi reaksi redoks yang spontan.



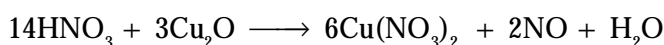
Oleh karena kenaikan biloks Cu harus sama dengan penurunan biloks N maka atom Cu harus dikalikan dengan faktor 3. Atom N dikalikan dengan faktor 2 sehingga diperoleh:



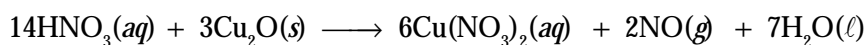
Persamaan reaksi menjadi:



Walaupun atom N yang mengalami perubahan biloks telah disetarakan, tetapi ada atom N lain yang muncul sebagai ion  $\text{NO}_3^-$  dalam senyawa  $\text{Cu(NO}_3)_2$ . Untuk memenuhi kekekalan massa, kekurangan 12 ion  $\text{NO}_3^-$  disetarakan dengan menambahkan 12 molekul  $\text{HNO}_3$  pada ruas kiri sehingga persamaan menjadi:



Atom N dan Cu sudah setara, tetapi molekul  $\text{H}_2\text{O}$  belum setara. Untuk menyetarakannya, samakan atom H atau O pada kedua ruas dengan mengubah koefisien  $\text{H}_2\text{O}$ . Persamaan reaksi menjadi:



Dengan demikian, reaksi-reaksi kimia yang melibatkan reaksi redoks dapat disetarakan.

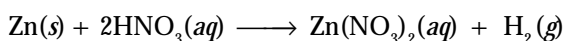
Tahap-tahap untuk menyetarakan persamaan reaksi dengan cara PBO adalah sebagai berikut.

1. Tentukan biloks semua atom untuk mengetahui atom-atom mana yang mengalami perubahan biloks.
2. Pasangkan oksidator dan produknya, reduktor dan produknya menggunakan diagram seperti pada contoh.
3. Tambahkan koefisien pada pasangan tersebut jika terjadi perbedaan jumlah atom (seperti pada atom Cu).
4. Tentukan perubahan biloks, baik reduktor maupun oksidator. Nilai perubahan ini merupakan faktor penyetara, yang dikalikan dengan koefisien reaksinya.
5. Setarakan atom-atom lain yang tidak mengalami reduksi dan oksidasi untuk memenuhi Hukum Kekekalan Massa.
6. Periksa apakah persamaan sudah setara, baik massa maupun muatannya.

## Contoh 2.1

### Penyetaraan Reaksi Redoks dengan Metode PBO

Logam seng bereaksi dengan asam nitrat menurut reaksi berikut.



Setarakan persamaan tersebut dengan metode PBO.



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

Gambar 2.2

Amonium dikromat mengalami reaksi auto-redoks (disproporsionasi).  
 $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \longrightarrow \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{Cr}_2\text{O}_3$

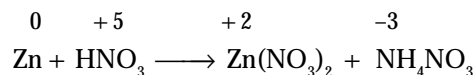
## Kata Kunci

- Perubahan biloks (PBO)
- Metode setengah reaksi
- Hukum Kekekalan Muatan
- Hukum Kekekalan Massa
- Oksidator
- Reduktor

**Jawab:**

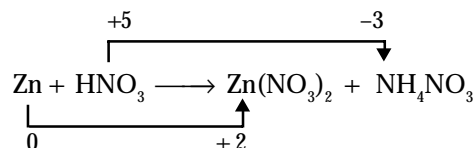
**Tahap 1**

Menentukan atom yang mengalami perubahan biloks. Pada reaksi ini atom Zn dan N



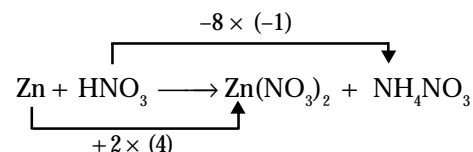
**Tahap 2-3**

Menentukan pasangan oksidator dan reduktor serta menyetarakan jumlah atomnya.

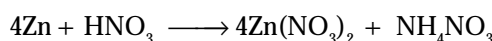


**Tahap 4**

Menentukan nilai perubahan biloks dan menyetarakannya.



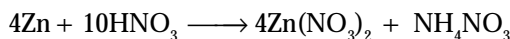
Hasil penyetaraan muatan adalah



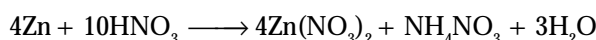
**Tahap 5**

Setarakan atom-atom yang lain dengan cara memeriksa jumlah atom-atomnya.

Atom N: ada 10 atom N di ruas kanan, tambahkan 9 HNO<sub>3</sub> di ruas kiri agar atom N sama dengan ruas kanan.



Atom O: ada 30 atom O di ruas kiri dan 27 atom O di ruas kanan, tambahkan 3 H<sub>2</sub>O di ruas kanan sehingga jumlah atom O sama.



Atom H juga harus disetarakan dengan cara memeriksanya di kedua ruas.

Persamaan reaksi yang sudah setara dan lengkap dengan fasanya adalah sebagai berikut.



**Tahap 6**

Periksalah apakah persamaan di atas sudah memenuhi kekekalan massa dan muatan.



**Mahir Menjawab**

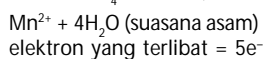
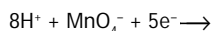
Jika KMnO<sub>4</sub> bereaksi dengan H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dalam suasana asam, sebagian hasilnya adalah MnSO<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub>. Dalam reaksi ini 1 mol KMnO<sub>4</sub> menerima ....

- A. 1 elektron
- B. 2 elektron
- C. 3 elektron
- D. 5 elektron
- E. 7 elektron

**Pembahasan**

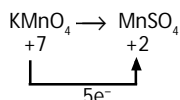
Ada dua cara penyelesaian, yaitu:

a. Metode setengah reaksi:



elektron yang terlibat = 5e<sup>-</sup>

b. Metode bilangan oksidasi (biloks):



Jadi, dalam reaksi ini 1 mol KMnO<sub>4</sub> menerima 5 elektron. (D)

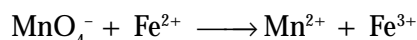
SPMB IPA 2006

**2. Metode Setengah Reaksi**

Penyetaraan persamaan redoks dengan metode setengah reaksi didasarkan pada transfer elektron. Untuk mengetahui jumlah elektron yang ditransfer dilakukan pemisahan persamaan ke dalam dua setengah reaksi. Masing-masing setengah reaksi disetarakan, kemudian digabungkan kembali untuk memperoleh persamaan reaksi redoks yang setara, baik muatan maupun massanya.

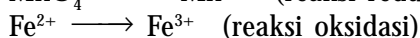
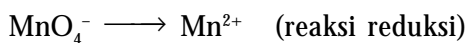
**a. Reaksi Redoks dalam Suasana Asam**

Tinjau reaksi ion MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> dan Fe<sup>2+</sup> dalam suasana asam dengan persamaan kerangka sebagai berikut.



Tahap-tahap penyetaraan dengan metode ini adalah sebagai berikut.

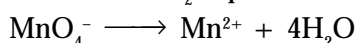
1. Memisahkan persamaan kerangka ke dalam dua setengah reaksi. Setengah reaksi oksidasi dan setengah reaksi reduksi.



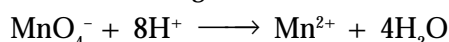
- Menyetarakan jumlah atom-atomnya sesuai Hukum Kekekalan Massa.
- Menyetarakan muatan listrik (kekekalan muatan) dengan cara menambahkan elektron pada ruas kiri (untuk reaksi reduksi) dan ruas kanan (untuk reaksi oksidasi).
- Menggabungkan kedua setengah reaksi untuk menyetarakan persamaan reaksi, baik muatan maupun massanya.

#### b. Penyetaraan Setengah Reaksi Reduksi

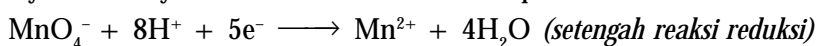
Pada setengah reaksi reduksi, atom Mn disetarakan dengan cara menyamakan koefisien pereaksi dan produknya. Penyetaraan atom O dilakukan dengan menambahkan  $\text{H}_2\text{O}$  pada ruas kanan.



Kelebihan atom H di ruas kanan disetarakan dengan menambahkan asam (ion  $\text{H}^+$ ) pada ruas kiri (ingat suasana asam).



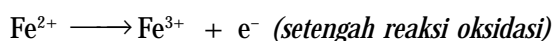
Muatan listrik di ruas kiri ada +7 dan di ruas kanan ada +2. Untuk menyetarakannya, tambahkan lima elektron pada ruas kiri.



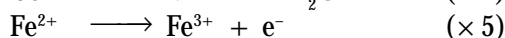
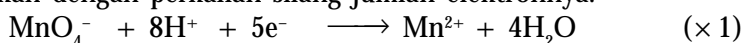
Periksalah apakah persamaan sudah setara muatan dan massanya.

#### c. Penyetaraan Setengah Reaksi Oksidasi

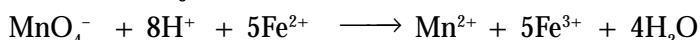
Setengah-reaksi oksidasi untuk besi sudah setara ditinjau dari jumlah atom, tetapi muatannya belum setara. Jadi, tambahkan satu elektron pada ruas kanan persamaan.



Tahap akhir adalah menggabungkan kedua setengah reaksi untuk menghilangkan elektron dalam kedua setengah reaksi sebab elektron tidak muncul dalam persamaan reaksi netral. Penghilangan elektron dapat dilakukan dengan perkalian silang jumlah elektronnya.



Persamaan akhir menjadi:

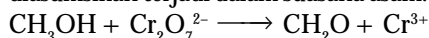


Periksalah apakah muatan dan massanya sudah setara.

### Contoh 2.2

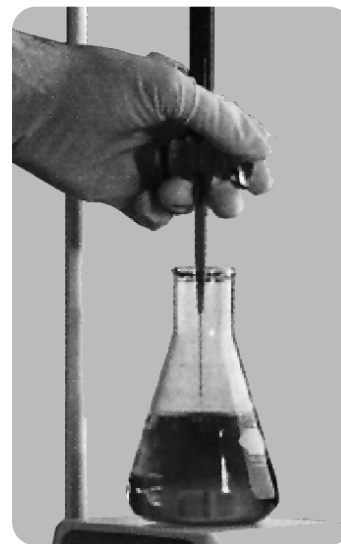
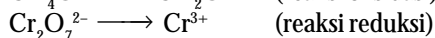
#### Penyetaraan Persamaan Redoks dalam Suasana Asam dengan Metode Setengah Reaksi

Setarakan reaksi redoks berikut menggunakan metode setengah reaksi yang diasumsikan terjadi dalam suasana asam.



**Jawab:**

**Tahap 1**



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

#### Gambar 2.3

Reaksi oksidasi asam oksalat oleh  $\text{KMnO}_4$  dalam suasana asam  
 $5\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{MnO}_4^- + 16\text{H}^+$   
 $\longrightarrow 10\text{CO}_2 + 2\text{Mn}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O}$





## Sekilas Kimia

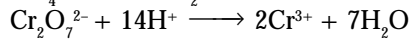
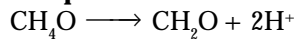
### Reaksi Redoks dan Kehidupan

Olah raga, bekerja, dan belajar merupakan kegiatan rutin yang Anda lakukan. Tahukah Anda bagaimana tubuh kita dapat melakukan semua aktivitas tersebut? Berasal darimana energi yang kita gunakan?

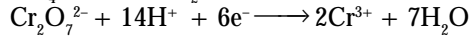
Ketika makanan diuraikan di dalam sel tubuh, terjadi pemindahan elektron yang berasal dari glukosa dan molekul makanan lainnya. Di dalam mitokondria, elektron yang berpindah tersebut akan melalui suatu rangkaian reaksi yang dinamakan *rantai transpor elektron*. Proses aliran elektron tersebut dinamakan *respirasi*.

Di akhir rangkaian tersebut, oksigen mengoksidasi elemen terakhir rantai transpor elektron sehingga terbentuk air. Ketika rantai transpor elektron berlangsung, terjadi pelepasan energi yang digunakan untuk mensintesis molekul bernama *ATP* (Adenosin Trifosfat), yaitu molekul pembawa energi di dalam makhluk hidup.

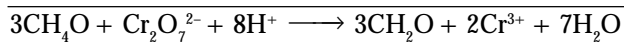
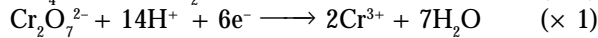
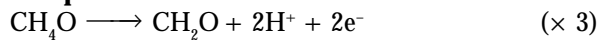
### Tahap 2



### Tahap 3



### Tahap 4



Pemeriksaan muatan dan massa:

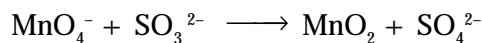
Evaluasi	Ruas Kiri	Ruas Kanan
Muatan	6+	6+
Atom C	3	3
Atom H	20	20
Atom O	10	10
Atom Cr	2	2

Dengan demikian, kekekalan muatan dan massa terpenuhi.

### d. Reaksi Redoks dalam Suasana Basa atau Netral

Penyetaraan reaksi di atas terjadi dalam suasana asam. Cirinya adalah penambahan ion  $\text{H}^+$  ketika penyetaraan. Bagaimana menyetarakan reaksi redoks dalam suasana basa atau netral?

Penyetaraan setengah-reaksi dalam suasana basa atau netral dilakukan dengan menambahkan basa (ion  $\text{OH}^-$ ), untuk menyetarakan atom O atau H. Tinjaulah reaksi berikut yang dilakukan dalam suasana basa.

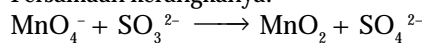


Caranya sama seperti dalam suasana asam. Akan tetapi, setelah reaksi digabungkan, untuk menyetarakan atom O dan H ditambahkan  $\text{OH}^-$  pada kedua ruas persamaan.

## Contoh 2.3

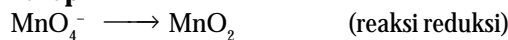
### Penyetaraan Reaksi Redoks dalam Suasana Basa dengan Metode Setengah Reaksi

Setarakan reaksi berikut menggunakan metode setengah reaksi dalam suasana basa. Persamaan kerangkanya:

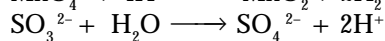
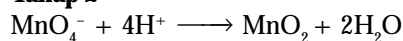


Jawab:

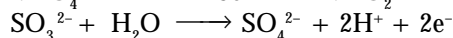
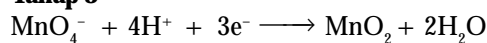
#### Tahap 1



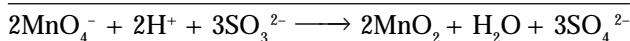
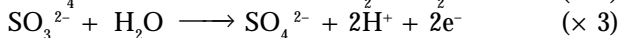
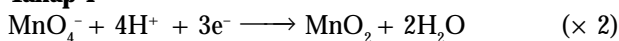
#### Tahap 2



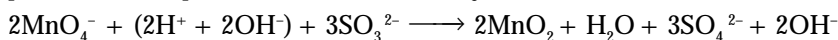
#### Tahap 3



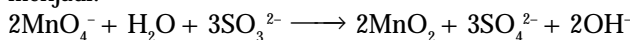
#### Tahap 4



Pada persamaan di atas terdapat  $2\text{H}^+$ . Untuk menetralkannya tambahkan  $2\text{OH}^-$  pada kedua ruas persamaan. Persamaan menjadi:



Penambahan  $\text{OH}^-$  akan menetralkan  $\text{H}^+$  menjadi  $\text{H}_2\text{O}$ . Oleh karena di ruas kanan ada  $\text{H}_2\text{O}$  maka terjadi penghilangan  $\text{H}_2\text{O}$  pada salah satu ruas sehingga persamaan menjadi:



Periksalah apakah muatan dan massanya sudah setara sesuai kaidah kekekalan.

Evaluasi	Ruas Kiri	Ruas Kanan
Muatan	8	8
Atom Mn	2	2
Atom S	3	3
Atom O	18	18
Atom H	2	2

#### Kata Kunci

- Reaksi redoks dalam suasana asam
- Reaksi redoks dalam suasana basa

### Kegiatan Inkuiri



Bandingkan kelebihan dan kelemahan antara metode PBO dan metode setengah reaksi dalam menyetarakan persamaan reaksi redoks.

## Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

- Asam iodat,  $\text{HIO}_3$  dapat dibuat melalui reaksi iodin,  $\text{I}_2$  dengan asam nitrat pekat. Persamaan kerangkanya:  
 $\text{I}_2 + \text{HNO}_3 \longrightarrow \text{HIO}_3 + \text{NO}_2$   
Setarakan persamaan reaksi tersebut dengan metode PBO.
- Gas klor kali pertama dibuat oleh **Scheele** pada 1774 melalui oksidasi asam klorida dengan mangan(IV) oksida. Persamaan reaksinya:  
 $\text{NaCl}(aq) + \text{H}_2\text{SO}_4(aq) + \text{MnO}_2(s) \longrightarrow$   
 $\text{Na}_2\text{SO}_4(aq) + \text{MnCl}_2(aq) + \text{H}_2\text{O}(\ell) + \text{Cl}_2(g)$   
Setarakan reaksi tersebut dengan metode PBO.
- Setarakan reaksi redoks berikut dalam suasana asam dengan metode setengah reaksi.
  - $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{Cl}_2(g)$
  - $\text{Mn}^{2+} + \text{NaBiO}_3(s) \longrightarrow \text{Bi}^{3+} + \text{MnO}_4^-$
  - $\text{H}_3\text{AsO}_4(aq) + \text{Zn}(s) \longrightarrow \text{AsH}_3(g) + \text{Zn}^{2+}$
  - $\text{Br}^- + \text{MnO}_4^- \longrightarrow \text{Br}_2(\ell) + \text{Mn}^{2+}$
  - $\text{Cu}(s) + \text{HNO}_3(aq) \longrightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + \text{NO}(g)$
- Setarakan reaksi redoks berikut dalam suasana basa menggunakan metode setengah-reaksi.
  - $\text{Al}(s) + \text{MnO}_4^- \longrightarrow \text{MnO}_2(s) + \text{Al}(\text{OH})_4^-$
  - $\text{Cl}_2(g) \longrightarrow \text{Cl}^- + \text{ClO}^-$
  - $\text{NO}_2^- + \text{Al}(s) \longrightarrow \text{NH}_3(g) + \text{AlO}_2^-$
  - $\text{MnO}_4^- + \text{S}_2^{2-} \longrightarrow \text{MnS}(s) + \text{S}(g)$
  - $\text{CN}^- + \text{MnO}_4^- \longrightarrow \text{CNO}^- + \text{MnO}_2(s)$
  - $\text{Fe}(\text{OH})_2(s) + \text{H}_2\text{O}_2(\ell) \longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3(s) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$

## B. Sel Elektrokimia

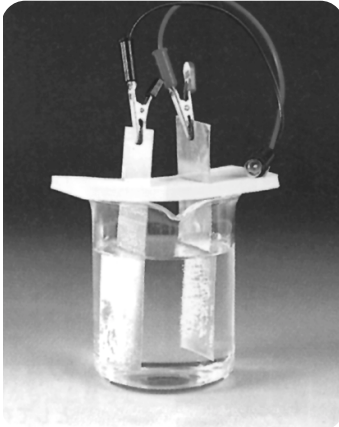
Dalam reaksi redoks terjadi transfer elektron dari reduktor ke oksidator. Pengetahuan adanya transfer elektron memberikan manfaat dalam upaya mengembangkan sumber energi listrik alternatif sebab aliran listrik tiada lain adalah aliran elektron.

Bidang ilmu yang mempelajari energi listrik dalam reaksi kimia disebut elektrokimia. *Perangkat atau instrumen untuk membangun energi listrik dari reaksi kimia* dinamakan sel elektrokimia.

## 1. Sel Volta

Di Kelas X, Anda sudah belajar merancang-bangun sel volta sederhana untuk memahami bahwa dalam reaksi redoks terjadi transfer elektron yang menghasilkan energi listrik, seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.4**. Oleh karena reaksi redoks dapat dipisahkan menjadi dua setengah reaksi, sel volta pun dapat dirancang menjadi dua tempat, yakni tempat untuk reaksi oksidasi dan tempat untuk reaksi reduksi.

Kedua tempat tersebut dihubungkan melalui *rangkaian luar* (aliran muatan elektron) dan *rangkaian dalam* atau *jembatan garam* (aliran massa dari ion-ion).



Sumber: Sougou Kagashi

**Gambar 2.4**

Sel volta sederhana



## Aktivitas Kimia 2.1

### Prinsip Kerja Sel Volta

#### Tujuan

Untuk mengetahui potensial dan prinsip kerja dari sel volta.

#### Alat

1. Gelas kimia
2. Gelas ukur
3. Elektrode Zn
4. Elektrode Cu
5. Voltmeter

#### Bahan

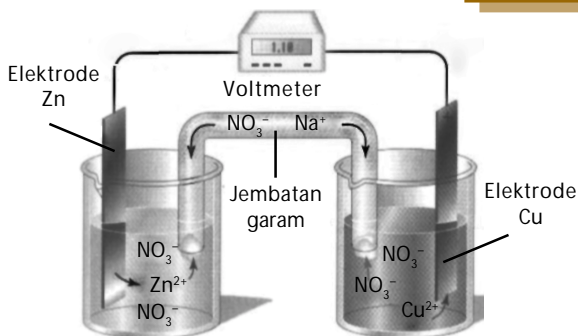
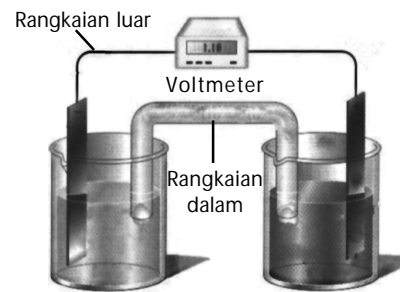
1.  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  1 M
2.  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  1 M

#### Langkah Kerja

1. Pasang alat sel volta dalam setiap kelompok kerja Anda.
2. Masukkan 200 mL larutan  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  1 M dan logam seng (elektrode Zn) ke dalam gelas kimia 1. Masukkan 200 mL larutan  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  1 M dan logam tembaga (elektrode Cu) ke dalam gelas kimia 2.
3. Hubungkan logam Zn ke kutub negatif dan logam Cu ke kutub positif dari voltmeter (rangkain luar).
4. Hubungkan kedua larutan dalam gelas kimia dengan jembatan garam (rangkain dalam).

#### Pertanyaan

1. Berapakah potensial sel yang terukur dari percobaan tersebut?
2. Tuliskan reaksi kimia yang terjadi pada setiap setengah-reaksi sel.
3. Mengapa terjadi beda potensial antara elektrode Zn dan Cu?
4. Simpulkan hasil pengamatan percobaan yang kelompok Anda lakukan. Kemudian, buatlah laporannya.

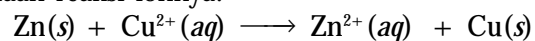


**Gambar 2.5**

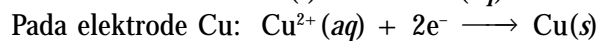
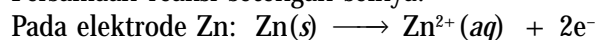
Proses pembentukan energi listrik dari reaksi redoks dalam sel volta.

Pada percobaan tersebut, reaksi tidak akan terjadi jika tidak ada hubungan baik secara rangkaian luar maupun rangkaian dalam. Jika hanya rangkaian luar yang dihubungkan, reaksi akan terjadi hanya sesaat dan seketika itu juga reaksi berhenti. Reaksi akan berjalan terus jika rangkaian dalam (jembatan garam) dihubungkan.

Jika kedua rangkaian dihubungkan, akan terjadi reaksi redoks di antara kedua setengah sel itu (lihat **Gambar 2.5**). Persamaan reaksi ionnya:



Persamaan reaksi setengah selnya:



Logam Zn akan teroksidasi membentuk ion  $Zn^{2+}$  dan melepaskan 2 elektron. Kedua elektron ini akan mengalir melewati voltmeter menuju elektrode Cu. Kelebihan elektron pada elektrode Cu akan diterima oleh ion  $Cu^{2+}$  yang disediakan oleh larutan  $Cu(NO_3)_2$  sehingga terjadi reduksi ion  $Cu^{2+}$  menjadi  $Cu(s)$ .

Ketika reaksi berlangsung, dalam larutan  $Zn(NO_3)_2$  akan kelebihan ion  $Zn^{2+}$  (hasil oksidasi). Demikian juga dalam larutan  $CuSO_4$  akan kelebihan ion  $NO_3^-$  sebab ion pasangannya ( $Cu^{2+}$ ) berubah menjadi logam Cu yang terendapkan pada elektrode Cu.

Kelebihan ion  $Zn^{2+}$  akan dinetralkan oleh ion  $NO_3^-$  dari jembatan garam, demikian juga kelebihan ion  $NO_3^-$  akan dinetralkan oleh ion  $Na^+$  dari jembatan garam. Jadi, jembatan garam berfungsi menetralkan kelebihan ion-ion hasil reaksi redoks.

Dengan demikian, tanpa jembatan garam reaksi berlangsung hanya sesaat sebab kelebihan ion-ion hasil reaksi redoks tidak ada yang menetralkan dan akhirnya reaksi berhenti seketika. Dalam sel elektrokimia, tempat terjadinya reaksi oksidasi (elektrode Zn) dinamakan *anode*, sedangkan tempat terjadinya reaksi reduksi (elektrode Cu) dinamakan *katode*.



### Catatan Note

- Jembatan garam dapat dibuat dari:
- Pipa U yang berisi larutan  $NaNO_3$  atau  $KNO_3$  berupa gel.
  - Sumbu kompor yang dibasahi terus-menerus dengan larutan  $NaNO_3$  selama percobaan (ditetesi  $NaNO_3$  secara kontinu).

*Salt bridge could be established by:*

- U pipe which contains the solution of  $NaNO_3$  or  $KNO_3$  gel.*
- Stove's wick which is soaked with  $NaNO_3$  solution constantly as long as experiment (which is dropped by  $NaNO_3$  continuously)*

### Kegiatan Inkuiri



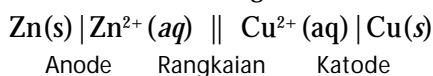
Di dalam baterai komersial, apakah ada jembatan garam? Apa yang menjadi jembatan garamnya?

## 2. Notasi Sel Elektrokimia

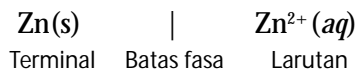
Reaksi redoks yang terjadi dalam sel elektrokimia dituliskan dengan aturan tertentu. Misalnya, sel elektrokimia yang tersusun dari elektrode Zn dalam larutan  $ZnSO_4$  dan elektrode Cu dalam larutan  $CuSO_4$ . Aturan penulisan selnya sebagai berikut.



Reaksi pada anode dituliskan terlebih dahulu (sisi kiri) diikuti reaksi pada katode (sisi kanan). Kedua sisi dipisahkan oleh dua buah garis yang menyatakan rangkaian dalam dan rangkaian luar.



Terminal sel atau elektrode dituliskan di ujung-ujung notasi sel, garis tunggal antara elektrode dan larutan menyatakan batas fasa (padat dan cair). Misalnya, untuk anode:



### Contoh 2.4

#### Penulisan Reaksi dari Notasi Sel

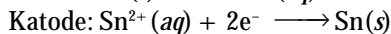
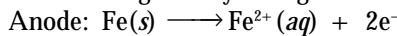
- Tuliskan reaksi sel untuk sel volta berikut.  
 $Fe(s) | Fe^{2+}(aq) || Sn^{2+}(aq) | Sn(s)$
- Tuliskan notasi sel untuk reaksi berikut.  
 $Zn(s) + Cd^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cd(s)$

### Kata Kunci

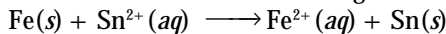
- Sel elektrokimia
- Rangkaian luar
- Rangkaian dalam (Jembatan garam)
- Elektrode (terminal sel)

**Jawab:**

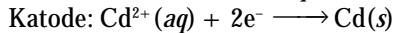
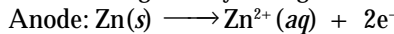
1. Reaksi setengah selnya sebagai berikut.



Reaksi sel volta keseluruhan sebagai berikut.



2. Reaksi setengah selnya sebagai berikut.

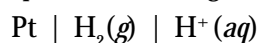


Penulisan notasi selnya sebagai berikut.



Jika dalam reaksi sel elektrokimia melibatkan fasa gas dengan logam mulia sebagai elektrodanya, aturan penulisan notasi sel volta sebagai berikut.

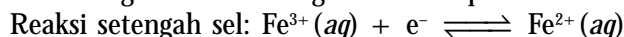
a. Jika pada anode terjadi reaksi oksidasi yang melibatkan gas dengan platina sebagai elektrode:  $\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + 2e^{-}$  maka notasi untuk elektrode hidrogen dapat ditulis sebagai berikut.



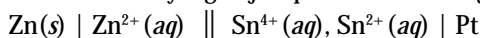
b. Jika pada katode terjadi reaksi reduksi yang melibatkan gas dengan platina sebagai elektrode:  $2\text{H}^+(aq) + 2e^{-} \longrightarrow \text{H}_2(g)$  maka notasi untuk elektrode hidrogen dapat ditulis sebagai berikut.



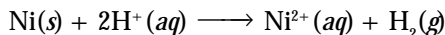
Tanda baca *koma* dapat juga dipakai sebagai notasi untuk memisahkan ion-ion yang terdapat dalam larutan yang sama atau memiliki fasa yang sama dengan elektrode logam mulia seperti Pt.

**Contoh 2.5****Penulisan Reaksi dari Notasi Sel**

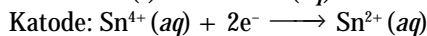
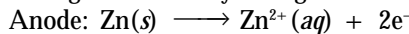
(a) Tuliskan reaksi yang terjadi pada sel volta dengan notasi sel seperti berikut.



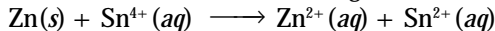
(b) Tuliskan notasi sel untuk reaksi berikut.

**Jawab:**

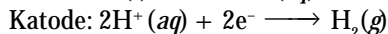
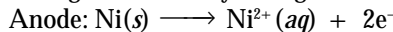
(a) Setengah-reaksi selnya sebagai berikut.



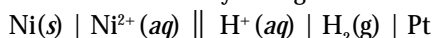
Reaksi sel volta keseluruhan sebagai berikut.



(b) Setengah-reaksi selnya sebagai berikut.



Penulisan notasi selnya sebagai berikut.



### 3. Potensial Elektrode dan GGL Sel

Dalam sel elektrokimia, untuk mendorong elektron mengalir melalui rangkaian luar dan menggerakkan ion-ion di dalam larutan menuju elektrode diperlukan suatu usaha. Usaha atau kerja yang diperlukan ini dinamakan *Gaya Gerak Listrik*, disingkat GGL.

#### a. Makna GGL Sel

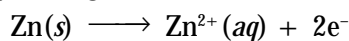
Kerja yang diperlukan untuk menggerakkan muatan listrik (GGL) di dalam sel bergantung pada perbedaan potensial di antara kedua elektrode. Beda potensial ini disebabkan adanya perbedaan kereaktifan logam di antara kedua elektrode. Nilai GGL sel merupakan gabungan dari potensial anode (potensial oksidasi) dan potensial katode (potensial reduksi). Dalam bentuk persamaan ditulis sebagai berikut.

$$\text{GGL } (E_{\text{sel}}) = \text{potensial reduksi} + \text{potensial oksidasi}$$

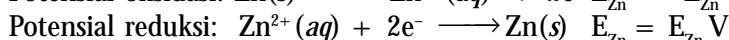
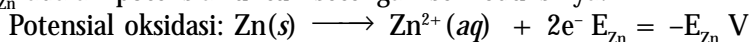
Potensial reduksi adalah ukuran kemampuan suatu oksidator (zat pengoksidasi = zat tereduksi) untuk menangkap elektron dalam setengah reaksi reduksi. Potensial oksidasi kebalikan dari potensial reduksi dalam reaksi sel elektrokimia yang sama.

$$\text{Potensial oksidasi} = -\text{Potensial reduksi}$$

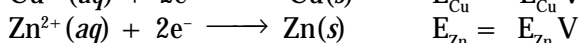
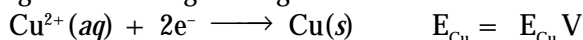
Tinjaulah setengah reaksi sel pada elektrode Zn dalam larutan  $\text{ZnSO}_4$ . Reaksi setengah selnya sebagai berikut.



Jika  $-E_{\text{Zn}}$  adalah potensial elektrode untuk setengah reaksi oksidasi,  $+E_{\text{Zn}}$  adalah potensial untuk setengah sel reduksinya:



Sel elektrokimia yang terdiri atas elektrode Zn dan Cu dengan reaksi setengah sel masing-masing:



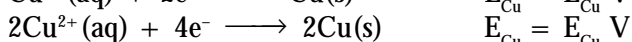
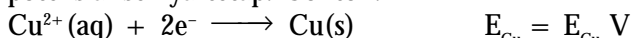
Nilai GGL sel elektrokimia tersebut adalah

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{Cu}} + (-E_{\text{Zn}}) = E_{\text{Cu}} - E_{\text{Zn}}$$

Dengan demikian, nilai GGL sel sama dengan perbedaan potensial kedua elektrode. Oleh karena reaksi reduksi terjadi pada katode dan reaksi oksidasi terjadi pada anode maka nilai GGL sel dapat dinyatakan sebagai perbedaan potensial berikut.

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{Reduksi}} - E_{\text{Oksidasi}} \quad \text{atau} \quad E_{\text{sel}} = E_{\text{Katode}} - E_{\text{Anode}}$$

Nilai potensial elektrode tidak bergantung pada jumlah zat yang terlibat dalam reaksi. Berapapun jumlah mol zat yang direaksikan, nilai potensial selnya tetap. Contoh:



#### Kegiatan Inkuiri



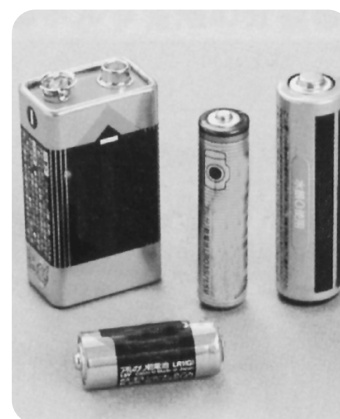
Bandingkan kereaktifan logam-logam golongan IA dan IIA. Manakah yang lebih reaktif? Jika logam-logam itu dihubungkan melalui kawat, manakah oksidator dan reduktornya?



#### Catatan Note

Satuan untuk gaya gerak listrik (GGL) adalah volt.

Unit for electromotive force is volt.



Sumber: Sougou Kagashi

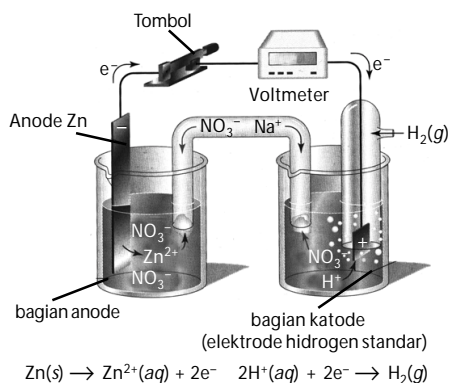
Gambar 2.6

Baterai merupakan contoh sel elektrokimia.

## Catatan **Note**

Baterai kecil dan baterai besar selama sistem selnya sama, potensial selnya sama, yaitu 1,5 volt.

*Small and big batteries have equal cell potential for equal cell system, i.e. 1,5 volt.*



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

**Gambar 2.7**

Elektrode hidrogen ditetapkan sebagai elektrode standar.

## b. Potensial Elektrode Standar ( $E^\circ$ )

Oleh karena potensial oksidasi merupakan kebalikan dari potensial reduksinya maka data potensial elektrode suatu logam tidak perlu diketahui dua-duanya, melainkan salah satu saja. Misalnya, data potensial reduksi atau data potensial oksidasi. Menurut perjanjian IUPAC, *potensial elektrode yang dijadikan sebagai standar adalah potensial reduksi*. Dengan demikian, semua data potensial elektrode standar dinyatakan dalam bentuk potensial reduksi standar.

Potensial reduksi standar adalah *potensial reduksi yang diukur pada keadaan standar, yaitu konsentrasi larutan 1 M (sistem larutan) atau tekanan 1 atm (sel yang melibatkan gas) dan suhu 25°C*.

Untuk mengukur potensial reduksi standar tidak mungkin hanya setengah sel (sel tunggal) sebab tidak terjadi reaksi redoks. Oleh sebab itu, perlu dihubungkan dengan setengah sel oksidasi.

Nilai GGL sel yang terukur dengan voltmeter merupakan selisih kedua potensial sel yang dihubungkan (bukan nilai mutlak). Berapakah nilai pasti dari potensial reduksi?

Oleh karena nilai GGL sel bukan nilai mutlak maka nilai potensial salah satu sel tidak diketahui secara pasti. Jika salah satu elektrode dibuat tetap dan elektrode yang lain diubah-ubah, potensial sel yang dihasilkan akan berbeda. Jadi, potensial sel suatu elektrode tidak akan diketahui secara pasti, yang dapat ditentukan hanya nilai relatif potensial sel suatu elektrode.

Oleh karena itu, untuk menentukan potensial reduksi standar diperlukan potensial elektrode rujukan sebagai acuan. Dalam hal ini, IUPAC telah menetapkan elektrode standar sebagai rujukan adalah *elektrode hidrogen*, seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.7**.

Elektrode hidrogen pada keadaan standar,  $E^\circ$ , ditetapkan pada konsentrasi  $\text{H}^+$  1 M dengan tekanan gas  $\text{H}_2$  1 atm pada 25°C. Nilai potensial elektrode standar ini ditetapkan sama dengan nol volt atau  $E^\circ_{\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2} = 0,00 \text{ V}$ . Potensial elektrode standar yang lain diukur dengan cara dirangkaikan dengan potensial elektrode hidrogen pada keadaan standar, kemudian GGL selnya diukur.

Oleh karena potensial elektrode hidrogen pada keadaan standar ditetapkan sama dengan nol, potensial yang terukur oleh voltmeter dinyatakan sebagai potensial sel pasangannya.

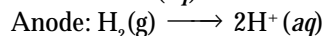
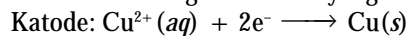
## Contoh 2.6

### Menentukan Potensial Elektrode Standar

Hitunglah potensial elektrode Cu yang dihubungkan dengan elektrode hidrogen pada keadaan standar jika voltmeter menunjukkan nilai 0,34 volt.

**Jawab:**

Persamaan setengah reaksi sel yang terjadi:



Nilai GGL sel:

$$E^\circ_{\text{sel}} = E^\circ_{\text{katode}} - E^\circ_{\text{anode}}$$

$$0,34 \text{ V} = E^\circ_{\text{Cu}} - E^\circ_{\text{H}_2}$$

$$0,34 \text{ V} = E^\circ_{\text{Cu}} - 0,00 \text{ V} \rightarrow E^\circ_{\text{Cu}} = 0,34 \text{ V}$$

Jadi, potensial reduksi standar untuk elektrode Cu adalah 0,34 volt.

Berdasarkan **Contoh 2.6**, potensial elektrode yang lain untuk berbagai reaksi setengah sel dapat diukur, hasilnya ditunjukkan pada **Tabel 2.1**.

**Tabel 2.1** Nilai Potensial Reduksi Standar Beberapa Elektrode

Reaksi reduksi	$E^\circ_{\text{sel}}$
$\text{Li}^+(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Li}(s)$	-3,04
$\text{Na}^+(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Na}(s)$	-2,71
$\text{Mg}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mg}(s)$	-2,38
$\text{Al}^{3+}(aq) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Al}(s)$	-1,66
$2\text{H}_2\text{O}(\ell) + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$	-0,83
$\text{Zn}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}(s)$	-0,76
$\text{Cr}^{3+}(aq) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Cr}(s)$	-0,74
$\text{Fe}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Fe}(s)$	-0,41
$\text{Cd}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cd}(s)$	-0,40
$\text{Ni}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ni}(s)$	-0,23
$\text{Sn}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}(s)$	-0,14
$\text{Pb}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}(s)$	-0,13
$\text{Fe}^{3+}(aq) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Fe}(s)$	-0,04
$2\text{H}^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2(g)$	0,00
$\text{Sn}^{4+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}(aq)$	0,15
$\text{Cu}^{2+}(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Cu}^+(aq)$	0,16
$\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu}(s)$	0,34
$\text{Cu}^+(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Cu}(s)$	0,52
$\text{I}_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-(aq)$	0,54
$\text{Fe}^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}(aq)$	0,77
$\text{Ag}^+(aq) + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(s)$	0,80
$\text{Hg}^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Hg}(\ell)$	0,85
$2\text{Hg}^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Hg}_2(aq)$	0,90
$\text{Br}_2(\ell) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-(aq)$	1,07
$\text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\ell)$	1,23
$\text{Cl}_2(g) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-(aq)$	1,36
$\text{H}_2\text{O}_2(aq) + 2\text{H}^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\ell)$	1,78
$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-}(aq)$	2,01
$\text{F}_2(g) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{F}^-(aq)$	2,87

Sumber: *General Chemistry*, 1990

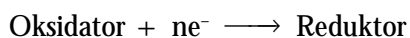
### Kegiatan Inkuiri



Dapatkah Anda mengukur kekuatan atau tenaga teman-teman Anda secara akurat? Bagaimana cara mengukurnya?

### c. Kekuatan Oksidator dan Reduktor

Data potensial reduksi standar pada **Tabel 2.1** menunjukkan urutan kekuatan suatu zat sebagai oksidator (zat tereduksi).



Semakin positif nilai  $E^\circ_{\text{sel}}$ , semakin kuat sifat oksidatornya. Sebaliknya, semakin negatif nilai  $E^\circ_{\text{sel}}$ , semakin lemah sifat oksidatornya.

### Kata Kunci

- Gaya Gerak Listrik (GGL)
- Elektrode hidrogen
- Potensial Oksidasi
- Potensial reduksi
- Perbedaan Potensial
- Potensial reduksi standar



Berdasarkan data potensial pada **Tabel 2.1**, oksidator terkuat adalah gas fluorin ( $F_2$ ) dan oksidator paling lemah adalah ion  $Li^+$ . Reduktor paling kuat adalah logam Li dan reduktor paling lemah adalah ion  $F^-$ .



Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa suatu reduktor paling kuat merupakan oksidator yang paling lemah. Sebaliknya, suatu oksidator terkuat merupakan reduktor terlemah.

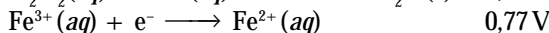
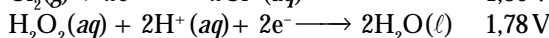
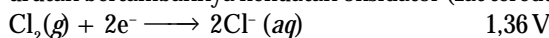
### Contoh 2.7

#### Menentukan Kekuatan Relatif Zat Pengoksidasi dan Pereduksi

Urutkan oksidator berikut menurut kekuatannya pada keadaan standar:  $Cl_2(g)$ ,  $H_2O_2(aq)$ ,  $Fe^{3+}(aq)$ .

**Jawab:**

Perhatikanlah data potensial reduksi pada **Tabel 2.1**. Dari atas ke bawah menunjukkan urutan bertambahnya kekuatan oksidator (zat tereduksi).



Jadi, kekuatan oksidator dari ketiga spesi itu adalah:  $H_2O_2(aq) > Cl_2(g) > Fe^{3+}(aq)$ .

Berdasarkan pengetahuan kekuatan oksidator dan reduktor, Anda dapat menggunakan **Tabel 2.1** untuk memperkirakan arah reaksi reduksi-oksidasi dalam suatu sel elektrokimia.

Suatu reaksi redoks dalam sel elektrokimia akan berlangsung secara spontan jika oksidatornya (zat tereduksi) memiliki potensial reduksi standar lebih besar atau GGL sel berharga positif.

### Contoh 2.8

#### Menentukan Arah Reaksi dari Potensial Elektrode Standar

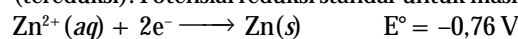
Sel elektrokimia dibangun dari reaksi berikut.



Apakah reaksi akan terjadi spontan menurut arah yang ditunjukkan oleh persamaan reaksi tersebut?

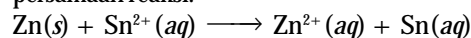
**Jawab:**

Pada reaksi tersebut, Sn sebagai reduktor (teroksidasi) dan  $Zn^{2+}$  sebagai oksidator (tereduksi). Potensial reduksi standar untuk masing-masing setengah sel adalah



Suatu reaksi redoks dalam sel elektrokimia akan berlangsung spontan jika zat yang berperan sebagai oksidator lebih kuat.

Berdasarkan nilai  $E^\circ$ ,  $Zn^{2+}$  merupakan oksidator lebih kuat dibandingkan dengan  $Sn^{2+}$ . Oleh karena itu, reaksi akan spontan ke arah sebagaimana yang dituliskan pada persamaan reaksi.



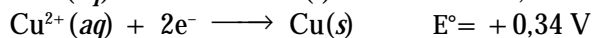
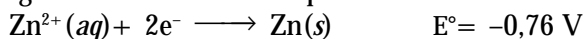
Reaksi ke arah sebaliknya tidak akan terjadi sebab potensial sel berharga negatif.

#### d. Penentuan GGL Sel

Nilai GGL sel elektrokimia dapat ditentukan berdasarkan tabel potensial elektrode standar. Syarat bahwa sel elektrokimia akan berlangsung spontan jika oksidator yang lebih kuat berperan sebagai pereaksi atau GGL sel berharga positif.

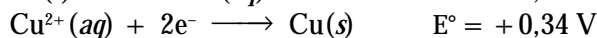
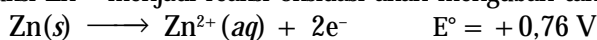
$$E_{\text{sel}} = (E_{\text{katode}} - E_{\text{anode}}) > 0$$

Sel elektrokimia yang dibangun dari elektrode Zn dan Cu memiliki setengah reaksi reduksi dan potensial elektrode berikut.

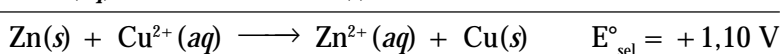
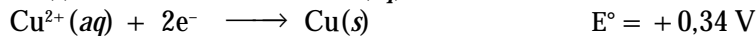
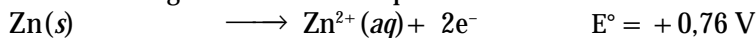


Untuk memperoleh setengah reaksi oksidasi, salah satu dari reaksi tersebut dibalikkan.

Pembalikan setengah reaksi yang tepat adalah reaksi reduksi yang potensial setengah selnya lebih kecil. Pada reaksi tersebut yang dibalik adalah reaksi reduksi  $\text{Zn}^{2+}$  sebab akan menghasilkan nilai GGL sel positif. Pembalikan reaksi reduksi  $\text{Zn}^{2+}$  menjadi reaksi oksidasi akan mengubah tanda potensial selnya.



Penggabungan kedua setengah reaksi tersebut menghasilkan persamaan reaksi redoks dengan nilai GGL sel positif.



Nilai GGL sel sama dengan potensial standar katode (reduksi) dikurangi potensial standar anode (oksidasi). Metode ini merupakan cara alternatif untuk menghitung GGL sel.

$$E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{katode}} - E^{\circ}_{\text{anode}}$$

$$E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{Cu}} - E^{\circ}_{\text{Zn}} = 0,34 \text{ V} - (-0,76 \text{ V}) = 1,10 \text{ V}$$

### Contoh 2.9

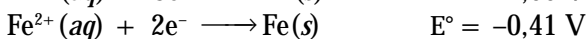
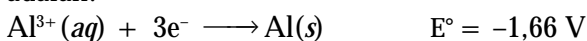
#### Menghitung GGL Sel dari Data Potensial Reduksi Standar

Hitunglah nilai GGL sel dari notasi sel berikut.

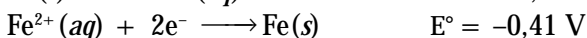
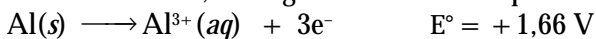


**Jawab:**

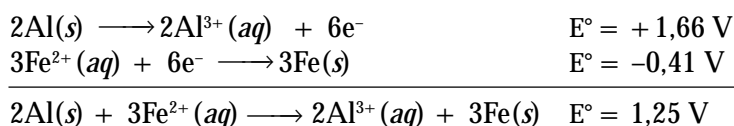
Setengah reaksi reduksi dan potensial elektrode standar masing-masing adalah:



Agar reaksi berlangsung spontan, Al dijadikan anode atau reaksi oksidasi. Oleh karena itu, setengah-reaksi Al dan potensial selnya dibalikkan:



Dengan menyetarakan terlebih dahulu elektron yang ditransfer, kemudian kedua reaksi setengah sel digabungkan sehingga nilai GGL sel akan diperoleh:



## Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

- Rakitlah sel volta yang dibangun dari elektrode Zn dalam larutan  $\text{ZnSO}_4$  dan elektrode Cu dalam larutan  $\text{CuSO}_4$ . Kemudian, tunjukkan arah aliran elektron dan aliran ion-ion dalam jembatan garam. Tunjukkan pula katode dan anodenya. Tuliskan reaksi redoks yang terjadi dalam sel.
- Tuliskan notasi untuk sel volta dengan setengah reaksi berikut.  
 $\text{Cd}(s) \longrightarrow \text{Cd}^{2+}(aq) + 2e^-$   
 $\text{Pb}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Pb}(s)$
- Tuliskan reaksi sel volta secara lengkap dari notasi sel berikut.  
 $\text{Fe}(s) | \text{Fe}^{2+}(aq) || \text{Ag}^+(aq) | \text{Ag}(s)$
- Tuliskan reaksi sel untuk sel volta berikut.  
 $\text{Cd}(s) | \text{Cd}^{2+}(aq) || \text{Cl}^+(aq) | \text{Cl}_2(g) | \text{Pt}$
- Tuliskan notasi sel untuk reaksi berikut.  
 $\text{Fe}^{3+}(aq) + \text{Sn}^{2+}(aq) \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(aq) + \text{Sn}^{4+}(aq)$
- Urutkan kekuatan zat-zat berikut sebagai oksidator dan sebagai reduktor:  
 $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Sn}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_2$ .
- Apakah reaksi akan spontan menurut arah yang ditunjukkan dalam persamaan berikut.  
 $\text{Cu}^{2+}(aq) + 2\text{I}^-(aq) \longrightarrow \text{Cu}(s) + \text{I}_2(s)$
- Data potensial reduksi standar untuk reaksi setengah sel adalah  
 $\text{Sn}^{4+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Sn}^{2+}(aq) \quad E^\circ = 0,15 \text{ V}$   
 $\text{Fe}^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(aq) \quad E^\circ = 0,77 \text{ V}$   
 Tuliskan persamaan reaksi sel yang dapat berlangsung spontan.
- Manakah reaksi redoks berikut yang akan berlangsung spontan jika dilakukan pada keadaan standar?
  - $\text{Al}(s) | \text{Al}^{3+}(aq) || \text{Cr}^{3+}(aq) | \text{Cr}(s)$
  - $\text{Fe}(s) | \text{Fe}^{3+}(aq) || \text{Cr}^{3+}(aq) | \text{Cr}(s)$
- Hitunglah GGL sel yang dibangun dari sel dengan notasi berikut.  
 $\text{Ni}(s) | \text{Ni}^{2+}(aq) || \text{Ag}^+(aq) | \text{Ag}(s)$

## C. Sel Elektrolisis

Sel volta menghasilkan arus listrik searah ketika reaksi redoks di dalam sel terjadi secara spontan. Adapun sel elektrolisis merupakan kebalikan dari sel volta, yakni menerapkan arus listrik searah untuk mendorong agar terjadi reaksi elektrokimia di dalam sel.

### 1. Prinsip Elektrolisis

Elektrolisis artinya *penguraian suatu zat akibat arus listrik*. Zat yang terurai dapat berupa padatan, cairan, atau larutan. Arus listrik yang digunakan adalah arus searah (*direct current = DC*).

Tempat berlangsungnya reaksi reduksi dan oksidasi dalam sel elektrolisis sama seperti pada sel volta, yaitu anode (reaksi oksidasi) dan katode (reaksi reduksi). Perbedaan sel elektrolisis dan sel volta terletak pada *kutub elektrode*. Pada sel volta, anode (-) dan katode (+), sedangkan pada sel elektrolisis sebaliknya, anode (+) dan katode (-).

Pada sel elektrolisis anode dihubungkan dengan kutub positif sumber energi listrik, sedangkan katode dihubungkan dengan kutub negatif. Oleh karena itu pada sel elektrolisis di anode akan terjadi reaksi oksidasi dan di katode akan terjadi reaksi reduksi.



## Aktivitas Kimia 2.2

### Elektrolisis Air

#### Tujuan

Mengetahui cara kerja dari sel elektrolisis.

#### Alat

- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| 1. Gelas kimia      | 4. Baterai 6–12 volt |
| 2. Elektrode karbon | 5. Gelas ukur        |
| 3. Tabung reaksi    | 6. Kabel             |

#### Bahan

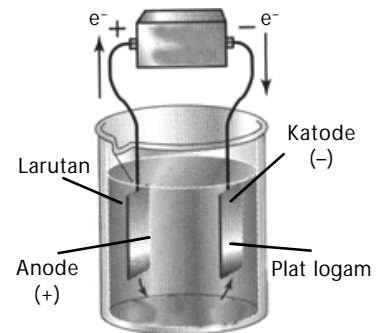
- Air
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M

#### Langkah Kerja

- Pasang perangkat sel elektrolisis seperti **Gambar 2.8**.
- Tuangkan 250 mL air ke dalam gelas kimia, kemudian tambahkan 1 mL larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M.
- Celupkan 2 buah elektrode karbon ke dalam gelas kimia besar dan isi dengan air hingga penuh.
- Hubungkan kedua elektrode itu dengan sumber arus searah (baterai atau adaptor) yang memiliki GGL sekitar 6 – 12 volt.

#### Pertanyaan

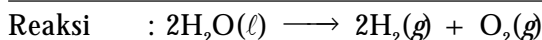
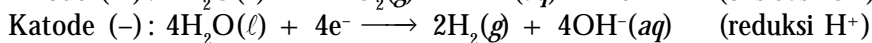
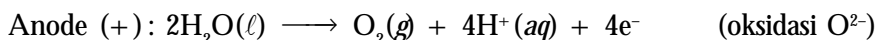
- Mengapa dalam elektrolisis di atas harus ditambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>?
- Apa yang terjadi pada permukaan kedua elektrode?
- Apakah terbentuk gas dalam tabung reaksi? Berapakah perbedaan volume gas dalam tabung reaksi itu?
- Tuliskan reaksi redoks yang terjadi dalam sel elektrolisis.
- Simpulkan hasil pengamatan dari percobaan yang Anda lakukan dan diskusikan dengan guru Anda.



**Gambar 2.8**  
Sel elektrolisis

Ketika kedua elektrode karbon dihubungkan dengan sumber energi listrik arus searah, dalam sel elektrolisis terjadi reaksi redoks, yaitu penguraian air menjadi gas H<sub>2</sub> dan gas O<sub>2</sub>.

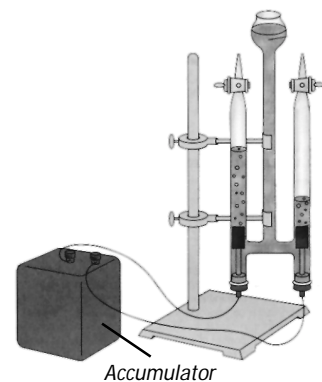
Reaksi redoks yang terjadi dalam sel elektrolisis adalah



Berapakah perbandingan volume gas H<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> yang terbentuk pada kedua tabung reaksi?

Berdasarkan persamaan reaksi redoks dapat diramalkan bahwa perbandingan volume gas H<sub>2</sub> terhadap O<sub>2</sub> adalah 2 : 1. Jika volume gas H<sub>2</sub> 20 mL, volume gas O<sub>2</sub> adalah 10 mL.

Alat yang akurat untuk penyelidikan elektrolisis air adalah alat *elektrolisis Hoffman* (**Gambar 2.9**). Alat ini dilengkapi elektrode platina dalam tabung penampung gas berskala sehingga volume gas hasil elektrolisis mudah diukur.



**Gambar 2.9**  
Sel elektrolisis Hoffman  
Gas-gas apa sajakah yang terbentuk pada setiap lengan dari sel Hoffman?

### Kegiatan Inkuiri



Dapatkah arus listrik bolak-balik (*alternating current = AC*) dipakai dalam sel elektrolisis? Diskusikan di dalam kelas.

## Kata Kunci

- Elektrolisis
- Arus listrik
- Arus searah

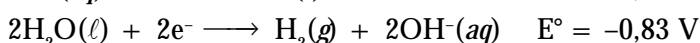
## 2. Elektrolisis Larutan

Elektrolisis larutan berbeda dengan elektrolisis air. Misalnya larutan NaI, terdapat ion  $\text{Na}^+$  dan ion  $\text{I}^-$ . Kedua ion ini bersaing dengan molekul air untuk dielektrolisis.

Di katode terjadi persaingan antara molekul  $\text{H}_2\text{O}$  dan ion  $\text{Na}^+$  (keduanya berpotensi untuk direduksi). Demikian juga di anode, terjadi persaingan antara molekul  $\text{H}_2\text{O}$  dan ion  $\text{I}^-$  (keduanya berpotensi dioksidasi).

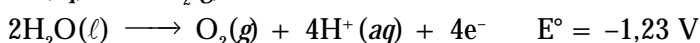
Spesi mana yang akan keluar sebagai pemenang? Pertanyaan tersebut dapat dijawab berdasarkan nilai potensial elektrode standar.

Setengah reaksi reduksi di katode:



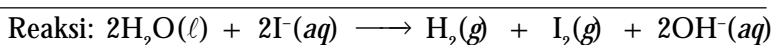
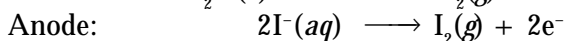
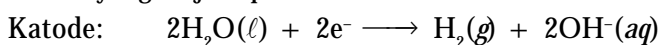
Berdasarkan nilai potensialnya,  $\text{H}_2\text{O}$  lebih berpotensi direduksi dibandingkan ion  $\text{Na}^+$  sebab memiliki nilai  $E^\circ$  lebih besar. Perkiraan ini cocok dengan pengamatan, gas  $\text{H}_2$  dilepaskan di katode.

Setengah reaksi oksidasi di anode:



Berdasarkan nilai potensial, ion  $\text{I}^-$  memenangkan persaingan sebab nilai  $E^\circ$  lebih besar dibandingkan molekul  $\text{H}_2\text{O}$ .

Reaksi yang terjadi pada sel elektrolisis:



### Contoh 2.10

#### Menentukan Reaksi Redoks dalam Sel Elektrolisis

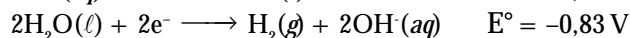
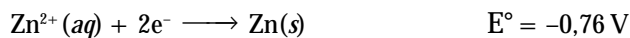
Tuliskan reaksi sel elektrolisis untuk larutan  $\text{ZnSO}_4$ .

**Jawab:**

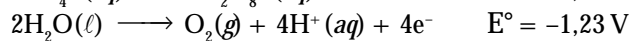
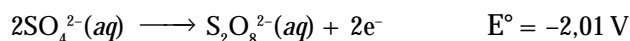
Di anode terjadi persaingan antara ion  $\text{SO}_4^{2-}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  dan di katode terjadi persaingan antara ion  $\text{Zn}^{2+}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Untuk mengetahui pemenangnya dapat dilihat data potensial reduksi standar.

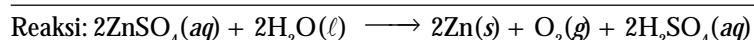
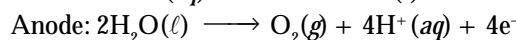
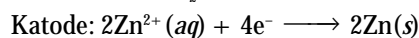
Di katode (+): *reaksi reduksi*



Di anode (-): *reaksi oksidasi*



Berdasarkan data potensial di atas, di katode terjadi reduksi ion  $\text{Zn}^{2+}$  dan di anode terjadi oksidasi  $\text{H}_2\text{O}$ . Persamaan reaksinya:



### 3. Stoikiometri Elektrolisis

**Michael Faraday** adalah seorang pakar Kimia-Fisika Inggris. Faraday menyatakan bahwa sel elektrolisis dapat digunakan untuk menentukan banyaknya zat yang bereaksi berdasarkan jumlah muatan listrik yang digunakan dalam rentang waktu tertentu.

Dalam sel volta maupun sel elektrolisis terdapat hubungan kuantitatif antara jumlah zat yang bereaksi dan muatan listrik yang terlibat dalam reaksi redoks. Pernyataan ini merupakan prinsip dasar Hukum Faraday, yaitu:

1. Dalam sel elektrokimia, massa zat yang diendapkan pada suatu elektrode sebanding dengan besarnya muatan listrik (aliran elektron) yang terlibat di dalam sel.
2. Massa ekuivalen zat yang diendapkan pada elektrode akan setara jika muatan listrik yang dialirkan ke dalam sel sama.

Aliran listrik tiada lain adalah aliran elektron. Oleh karena itu, muatan listrik yang terlibat dalam sel elektrokimia dapat ditentukan berdasarkan muatan elektron yang terlibat dalam reaksi redoks pada sel elektrokimia.

Berdasarkan hasil penyelidikan **Millikan** (model tetes minyak), diketahui bahwa muatan elektron:  $e = 1,60218 \times 10^{-19} \text{ C}$ . Oleh karena itu, muatan listrik yang terjadi jika satu mol elektron ditransfer adalah

$$Q = (6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}) (1,60218 \times 10^{-19} \text{ C}) = 96.485 \text{ C mol}^{-1}$$

Nilai muatan listrik untuk satu mol elektron ditetapkan sebesar satu faraday, dilambangkan dengan  $F$ , yaitu:

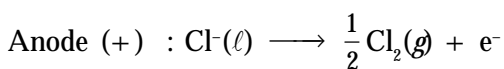
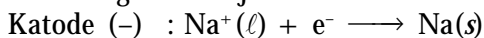
$$F = 96.485 \text{ C mol}^{-1}$$

Arus listrik sebesar  $i$  ampere yang mengalir selama  $t$  detik menghasilkan muatan listrik:  $Q = i \times t$  coulomb. Dalam satuan Faraday, besarnya muatan listrik ( $Q$ ) tersebut adalah sebagai berikut.

$$Q = \frac{i \times t}{96.485} \text{ faraday}$$

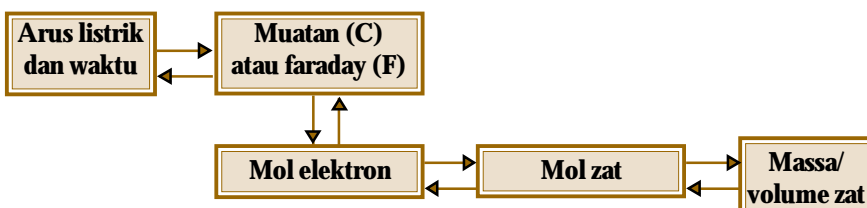
Berdasarkan **Hukum I Faraday**, jika muatan listrik dapat dihitung maka massa zat yang bereaksi di elektrode dapat ditentukan.

Tinjaulah elektrolisis lelehan NaCl. Jika lelehan NaCl dielektrolisis, ion-ion  $\text{Na}^+$  bermigrasi menuju anode dan ion-ion  $\text{Cl}^-$  bermigrasi menuju anode.

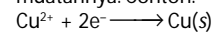


Untuk mereduksi satu mol ion  $\text{Na}^+$  diperlukan satu mol elektron atau diperlukan muatan sebesar satu faraday, yaitu  $96.485 \text{ C mol}^{-1}$ . Besarnya muatan ini dapat ditentukan dari jumlah arus listrik yang mengalir dan lama waktu elektrolisis:  $Q = i (\text{A}) \times t (\text{detik})$ .

Secara umum, tahap-tahap perhitungan stoikiometri elektrolisis ditunjukkan pada diagram berikut. Perhitungan dapat dimulai dari arus listrik yang mengalir selama waktu tertentu atau jumlah zat yang terlibat dalam reaksi redoks.

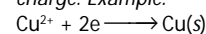


Massa ekuivalen zat ( $m_{eq}$ ) adalah massa relatif zat per satuan muatannya. Contoh:



$$m_{eq}(\text{Cu}) = \frac{63,5}{2} = 31,75$$

Molecule's ekuivalen mass is molecule's relative mass for each charge. Example:



$$m_{eq}(\text{Cu}) = \frac{63,5}{2} = 31,75$$

### Kata Kunci

- Muatan listrik
- Hukum I Faraday
- Stoikiometri elektrolisis
- Massa ekuivalen zat

## Contoh 2.11

### Menghitung Berat Zat yang Diendapkan dalam Sel Elektrolisis

1. Hitunglah massa Cu yang dapat diendapkan di katode jika arus listrik 2 A dialirkan ke dalam sel elektrolisis larutan  $\text{Cu}^{2+}$  selama 10 menit. Diketahui  $A_r \text{Cu} = 63,5$ .
2. Dalam elektrolisis larutan  $\text{CuSO}_4$ , 2 g logam Cu diendapkan pada katode. Berapakah arus listrik yang dialirkan selama 30 menit?

**Jawab:**

1. **Tahap 1:** Tentukan muatan listrik yang digunakan

$$Q = i \times t \\ = 2 \text{ A} \times 600 \text{ s} = 1.200 \text{ C}$$

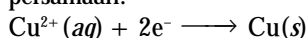
**Tahap 2:** Tentukan jumlah mol elektron yang setara dengan muatan listrik

$$1 \text{ mol } e^- = 1 \text{ faraday} = 96.485 \text{ C mol}^{-1}$$

Jumlah mol elektron untuk 1.200 C:

$$\frac{1.200 \text{ C}}{96.485 \text{ C mol}^{-1}} = 12,4 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

**Tahap 3:** Elektron yang mengalir digunakan untuk mereduksi ion  $\text{Cu}^{2+}$  menurut persamaan:



Jadi,  $12,4 \times 10^{-3} \text{ mol}$  elektron dapat mengendapkan ion  $\text{Cu}^{2+}$  sebanyak:

$$\frac{1 \text{ mol } \text{Cu}^{2+}}{2 \text{ mol } e^-} \times 12,4 \times 10^{-3} \text{ mol } e^- = 6,2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

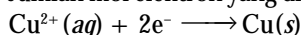
Jadi, jumlah ion  $\text{Cu}^{2+}$  yang diendapkan sebanyak  $6,2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ .

**Tahap 4:** Massa Cu yang diendapkan di katode sebesar

$$6,2 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 63,5 \text{ g mol}^{-1} = 0,395 \text{ g}$$

2. Jumlah mol Cu =  $\frac{2 \text{ g}}{63,5 \text{ g mol}^{-1}} = 0,03 \text{ mol}$

Jumlah mol elektron yang digunakan:



$$\frac{2 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } \text{Cu}^{2+}} \times 0,03 \text{ mol Cu} = 0,06 \text{ mol } e^-$$

Muatan listrik yang digunakan:

$$0,06 \text{ mol} \times 96.485 \text{ C mol}^{-1} = 5.789 \text{ C}$$

Jumlah arus listrik yang dialirkan selama 30 menit:

$$Q = i \times t \longrightarrow 5.789 \text{ C} = i \times 1.800 \text{ detik}$$

$$i = 3,2 \text{ A}$$

Jadi, arus listrik yang harus dialirkan selama 30 menit adalah 3,2 A.

## Sekilas Kimia



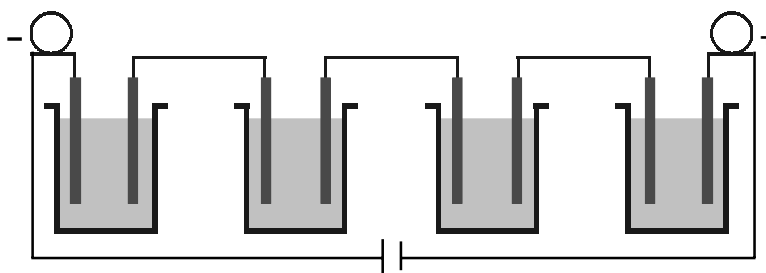
Michael Faraday  
(1791–1867)



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

Pada 1812, dia menjadi asisten di laboratorium Humphry Davy di Royal Institution. Dia berhasil melakukan penemuan-penemuan penting, seperti hubungan kuantitatif antara arus listrik dan reaksi kimia dalam sel elektrokimia.

Jika sejumlah sel elektrolisis dirangkakan secara seri, seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.10**, bagaimanakah hubungan muatan dan berat ekuivalen zat?



**Gambar 2.10**

Elektrolisis beberapa larutan yang dirangkakan secara seri. Apakah elektrolisis beberapa larutan dapat dirangkakan secara paralel?

Menurut **Hukum II Faraday**, *massa ekuivalen zat yang diendapkan akan sama jika muatan listrik yang mengalir tetap*. Hubungan massa ekuivalen dan massa zat (dalam satuan gram) yang diendapkan di katode dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Massa zat} = \frac{m_{eq} \, i \, t}{F}$$

dengan  $m_{eq}$  adalah massa ekuivalen,  $i$  arus listrik yang dialirkan (ampere), dan  $t$  adalah waktu elektrolisis (detik).

Oleh karena pada rangkaian sel secara seri, arus listrik yang mengalir ke dalam setiap sel tetap, Anda dapat menentukan berat zat dalam setiap sel elektrolisis dengan zat yang berbeda.

### Contoh 2.12

#### Penerapan Hukum II Faraday

- Dua buah sel elektrolisis dirangkai secara seri, sel pertama mengandung  $\text{CuSO}_4$  1 M dan sel kedua mengandung  $\text{CuSO}_4$  2 M. Hitunglah massa Cu yang diendapkan pada setiap sel jika arus yang dialirkan sebesar 0,5 A selama 10 menit. Diketahui  $A_r \text{ Cu} = 63,5$ .
- Jika larutan  $\text{CuSO}_4$  dan  $\text{AgNO}_3$  dirangkai secara seri, kemudian dielektrolisis dan mengalami setengah reaksi reduksi sebagai berikut.  

$$\text{Ag}^+ (aq) + e^- \longrightarrow \text{Ag}(s)$$

$$\text{Cu}^{2+} (aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(s)$$
 Berapakah massa Cu yang diendapkan jika dalam sel elektrolisis  $\text{AgNO}_3$  ditemukan 10 g perak?  
 Diketahui  $A_r \text{ Ag} = 107$ ,  $\text{Cu} = 63,5$ .

**Jawab:**

- Menurut Hukum II Faraday :  
 Oleh karena sel dirangkai secara seri, arus yang mengalir tetap sehingga massa ekuivalen Cu sama dalam setiap sel.  
 Endapan Cu dalam kedua sel sama sebab arus yang mengalir tetap.

$$\begin{aligned} \text{Massa Cu} &= \frac{m_{eq} \, i \, t}{F} \\ &= \frac{63,5}{2} \times \frac{0,5 \text{ A} \times 600 \text{ s}}{96.485 \text{ C mol}^{-1}} = 0,987 \text{ g} \end{aligned}$$

- Massa Ag =  $\frac{m_{eq} \, i \, t}{F}$

$$10 \text{ g} = \frac{107}{1} \frac{i \, t}{F} \rightarrow \frac{i \, t}{F} = 0,039 \text{ C}$$

$$\text{Massa Cu} = \frac{63,5}{2} \times 0,039 \text{ C} = 2,967 \text{ g}$$

## 4. Aplikasi Elektrolisis

Prinsip elektrolisis banyak diterapkan dalam pelapisan logam dengan logam yang lebih baik (*electroplating*), juga dalam pengolahan dan pemurnian logam.

### a. Penyepuhan (*electroplating*)

Penyepuhan (*electroplating*) adalah *suatu metode elektrolisis untuk melapisi permukaan logam oleh logam lain yang lebih stabil terhadap cuaca atau untuk menambah keindahannya*. Contohnya, besi dilapisi nikel agar tahan karat, tembaga dilapisi perak atau emas agar lebih bernilai.

### Kata Kunci

- Hukum II Faraday
- Electroplating* (penyepuhan)



Logam besi banyak dipakai untuk berbagai aplikasi, tetapi tidak tahan terhadap cuaca sehingga mudah berkarat. Agar besi tahan terhadap karat maka permukaan besi sering dilapisi oleh logam yang lebih stabil, seperti seng, nikel, atau perak.

Dalam praktiknya, besi dicelupkan ke dalam sel berisi larutan logam yang akan dilapiskan. Agar logam mengendap pada besi maka besi dijadikan sebagai katode. Lakukan oleh Anda percobaan berikut.



## Aktivitas Kimia 2.3

### Penyepuhan Besi dengan Nikel

#### Tujuan

Melakukan penyepuhan besi dengan nikel.

#### Alat

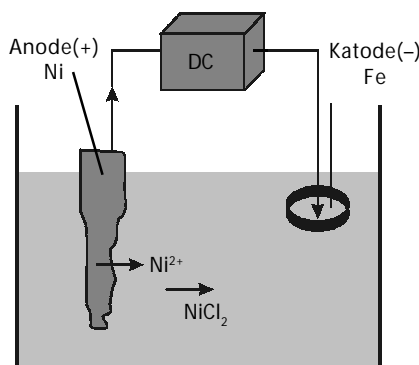
1. Bejana
2. Batang nikel
3. Sumber arus
4. Cincin besi

#### Bahan

$\text{NiCl}_2$  1M

#### Langkah Kerja

1. Buatlah dalam kelompok kerja Anda perangkat sel elektrolisis seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut



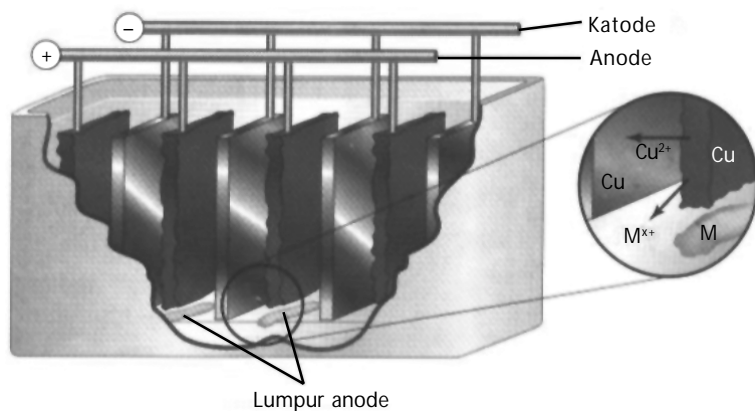
2. Siapkan larutan  $\text{NiCl}_2$  1M dalam suatu bejana dan batang nikel berikut lempengan yang akan dikerjakan.
3. Celupkan lempengan dan batang nikel ke dalam larutan dan hubungkan dengan arus listrik searah. Cincin besi ditempatkan sebagai katode (-) dan batang nikel sebagai anode (+).
4. Amatilah proses yang terjadi.

#### Pertanyaan

1. Jelaskan proses yang terjadi pada penyepuhan logam tersebut?
2. Presentasikan hasil pengamatan kelompok Anda di depan kelas.

### b. Pemurnian Logam

Prinsip elektrolisis banyak diterapkan pada pengolahan dan pemurnian logam. Contoh, logam aluminium diolah dan dimurnikan secara elektrolisis dari mineral bauksit. Logam tembaga diolah melalui pemanggangan tembaga(II) sulfida, kemudian dimurnikan secara elektrolisis.



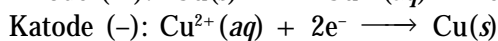
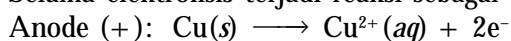
**Gambar 2.11**

Pemurnian tembaga menggunakan elektrolisis.

Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

Logam tembaga yang akan dimurnikan ditempatkan sebagai anode dan logam tembaga murni ditempatkan sebagai katode, keduanya dicelupkan dalam larutan  $\text{CuSO}_4$ , seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.11**.

Selama elektrolisis terjadi reaksi sebagai berikut.



Logam-logam pengotor yang kurang reaktif, seperti emas, perak, dan platina membentuk endapan lumpur di dasar sel anode. Adanya logam-logam yang lebih reaktif, seperti  $\text{Zn}^{2+}$ , dan  $\text{Ni}^{2+}$  tetap berada dalam larutan sebagai ion-ionnya.

### Tes Kompetensi Subbab C

**Kerjakanlah di dalam buku latihan.**

- Manakah yang akan mengalami reduksi jika di katode terdapat spesi berikut.
  - molekul  $\text{H}_2\text{O}$  dan ion  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$
  - molekul  $\text{H}_2\text{O}$ , ion  $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$ , dan ion  $\text{Ni}^{2+}(\text{aq})$
- Manakah yang akan mengalami oksidasi jika di anode terdapat spesi berikut.
  - molekul  $\text{H}_2\text{O}$  dan ion  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$
  - molekul  $\text{H}_2\text{O}$ , ion  $\text{Cl}^-(\text{aq})$ , dan ion  $\text{F}^-(\text{aq})$
- Mengapa larutan di sekitar katode menjadi basa jika larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dielektrolisis?
- Jelaskan senyawa apa yang dihasilkan jika lelehan  $\text{NaCl}$  dielektrolisis. Mengapa  $\text{NaCl}$  padat tidak dapat dielektrolisis, sedangkan lelehannya dapat dielektrolisis?
- Jika larutan  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  dielektrolisis pada arus tetap 1,5 A selama 45 menit, hitunglah massa logam Hg yang diendapkan pada katode.
- Berapakah perbandingan massa  $\text{O}_2$  terhadap massa  $\text{H}_2$  yang dihasilkan jika larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dielektrolisis selama 2,5 jam dengan arus 1,5 A?
- Jika arus digunakan 5 A, tentukan waktu untuk mengendapkan satu mol logam natrium, logam magnesium, dan logam aluminium.
- Tentukanlah produk elektrolisis larutan  $\text{MgCl}_2$ , kemudian hitunglah massa zat yang dihasilkan pada masing-masing elektrode jika arus yang digunakan sebesar 5 A selama 1 jam.
- Pada elektrolisis larutan  $\text{AgNO}_3$  diendapkan logam Ag sebanyak 2 g. Hitunglah massa  $\text{I}_2$  yang terbentuk pada elektrolisis larutan  $\text{NaI}$  jika dihubungkan secara seri dengan larutan  $\text{AgNO}_3$ .
- Berapakah massa logam Cu, Fe, dan Au yang akan diendapkan jika diketahui volume gas  $\text{H}_2$  yang terbentuk pada sel elektrolisis  $\text{HCl}$  sebanyak 5,6 liter (STP) dan dihubungkan secara seri dengan sel-sel logam?
- Proses Hoopes* adalah proses elektrolisis untuk memurnikan aluminium. Aluminium murni terbentuk di daerah katode. Tuliskan reaksi yang terjadi di dalam sel elektrolisis.

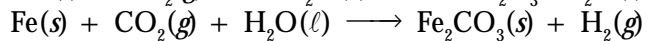
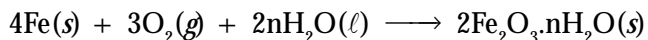
## D. Korosi dan Pengendaliannya

Aplikasi lain dari prinsip elektrokimia adalah pemahaman terhadap gejala korosi pada logam dan pengendaliannya. Berdasarkan data potensial reduksi standar, diketahui bahwa logam-logam selain emas umumnya terkorosi (teroksidasi menjadi oksidanya).

### 1. Definisi Korosi

Korosi pada logam terjadi akibat interaksi antara logam dan lingkungan yang bersifat korosif, yaitu lingkungan yang lembap (mengandung uap air) dan diinduksi oleh adanya gas  $O_2$ ,  $CO_2$ , atau  $H_2S$ . Korosi dapat juga terjadi akibat suhu tinggi.

Korosi pada logam dapat juga dipandang sebagai proses pengembalian logam ke keadaan asalnya, yaitu bijih logam. Misalnya, korosi pada besi menjadi besi oksida atau besi karbonat.

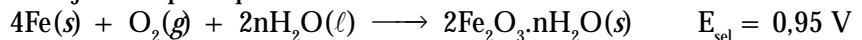


Oleh karena korosi dapat mengubah struktur dan sifat-sifat logam maka korosi cenderung merugikan. Diperkirakan sekitar 20% logam rusak akibat terkorosi pada setiap tahunnya.

Logam yang terkorosi disebabkan karena logam tersebut mudah teroksidasi. Menurut tabel potensial reduksi standar, selain logam emas umumnya logam-logam memiliki potensial reduksi standar lebih rendah dari oksigen.

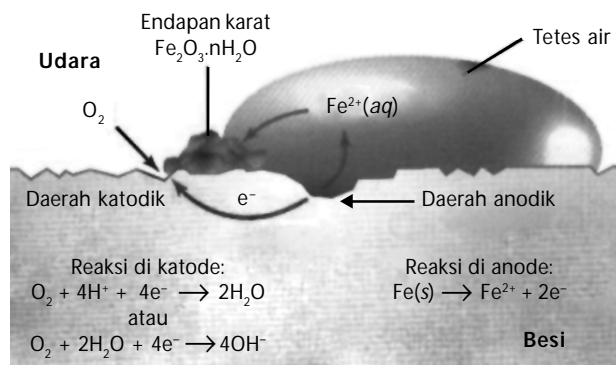
Jika setengah reaksi reduksi logam dibalikkan (reaksi oksidasi logam) digabungkan dengan setengah reaksi reduksi gas  $O_2$  maka akan dihasilkan nilai potensial sel,  $E_{sel}$  positif. Jadi, hampir semua logam dapat bereaksi dengan gas  $O_2$  secara spontan.

Beberapa contoh logam yang dapat dioksidasi oleh oksigen ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut.



### 2. Mekanisme Korosi pada Besi

Oleh karena besi merupakan bahan utama untuk berbagai konstruksi maka pengendalian korosi menjadi sangat penting. Untuk dapat mengendalikan korosi tentu harus memahami bagaimana mekanisme korosi pada besi. Korosi tergolong proses elektrokimia, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.12**.



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

**Catatan Note**

Emas dengan potensial reduksi standar 1,5 V lebih besar dibandingkan potensial reduksi standar gas  $O_2$  (1,23 V) sehingga emas tidak terkorosi di udara terbuka. Di alam emas terdapat sebagai logam murni.

*Standard potential reduction of gold is 1,5 V greater than  $O_2$  so that the corrotion wouldn't occure in the air. Gold behaves as pure metal in nature.*

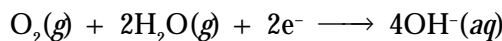
**Gambar 2.12**  
Proses korosi pada besi

Besi memiliki permukaan tidak halus akibat komposisi yang tidak sempurna, juga akibat perbedaan tegangan permukaan yang menimbulkan potensial pada daerah tertentu lebih tinggi dari daerah lainnya.

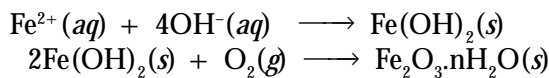
Pada daerah anodik (daerah permukaan yang bersentuhan dengan air) terjadi pelarutan atom-atom besi disertai pelepasan elektron membentuk ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang larut dalam air.



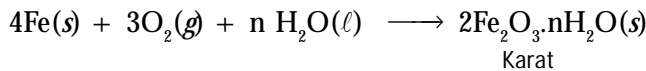
Elektron yang dilepaskan mengalir melalui besi, sebagaimana elektron mengalir melalui rangkaian luar pada sel volta menuju daerah katodik hingga terjadi reduksi gas oksigen dari udara:



Ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang larut dalam tetesan air bergerak menuju daerah katodik, sebagaimana ion-ion melewati jembatan garam dalam sel volta dan bereaksi dengan ion-ion  $\text{OH}^{-}$  membentuk  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ .  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  yang terbentuk dioksidasi oleh oksigen membentuk karat.



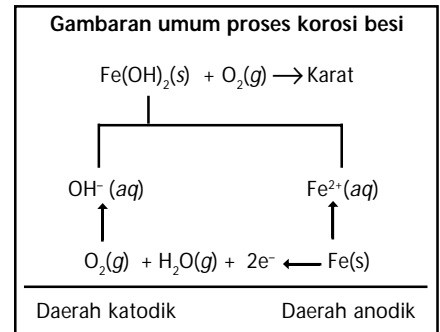
Reaksi keseluruhan pada korosi besi adalah sebagai berikut (lihat mekanisme pada **Gambar 2.13**):



Akibat adanya migrasi ion dan elektron, karat sering terbentuk pada daerah yang agak jauh dari permukaan besi yang terkorosi (lubang). Warna pada karat beragam mulai dari warna kuning hingga cokelat-merah bahkan sampai berwarna hitam. Warna ini bergantung pada jumlah molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang terikat pada karat.

### 3. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Korosi

Berdasarkan pengetahuan tentang mekanisme korosi, Anda tentu dapat menyimpulkan faktor-faktor apa yang menyebabkan terbentuknya korosi pada logam sehingga korosi dapat dihindari.



**Gambar 2.13**  
Mekanisme korosi pada besi

**Kata Kunci**

- Korosi
- Daerah katodik
- Daerah anodik



## Aktivitas Kimia 2.4

### Faktor-Faktor yang Dapat Menyebabkan Korosi

#### Tujuan

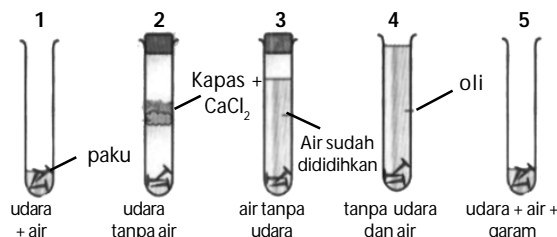
Menjelaskan faktor-faktor yang dapat menyebabkan korosi.

#### Alat

1. Tabung reaksi
2. Paku
3. Ampelas

#### Bahan

1. Air
2.  $\text{CaCl}_2$
3. Oli
4.  $\text{NaCl}$  0,5%
5. Aseton



#### Langkah Kerja

1. Sediakan 5 buah tabung. Masing-masing diisi dengan paku yang permukaannya sudah diampelas dan dibersihkan dengan aseton.
2. Tabung 1 diisi dengan sedikit air agar sebagian paku terendam air dan sebagian lagi bersentuhan dengan udara.
3. Tabung 2 diisi dengan udara tanpa uap air (tambahkan  $\text{CaCl}_2$  untuk menyerap uap air dari udara) dan tabung ditutup rapat.
4. Tabung 3 diisi dengan air tanpa udara terlarut, yaitu air yang sudah dididihkan dan tabung ditutup rapat.
5. Tabung 4 diisi dengan oli agar tidak ada udara maupun uap air yang masuk.
6. Tabung 5 diisi dengan sedikit larutan  $\text{NaCl}$  0,5% (sebagian paku terendam larutan dan sebagian lagi bersentuhan dengan udara).
7. Amati perubahan yang terjadi pada paku setiap hari selama 3 hari.

#### Pertanyaan

1. Bagaimana kondisi paku pada setiap tabung reaksi? Pada tabung manakah paku berkarat dan tidak berkarat?
2. Apa kesimpulan Anda tentang percobaan ini? Diskusikan dengan teman sekelompok Anda.

Setelah dibiarkan beberapa hari, logam besi (paku) akan terkorosi yang dibuktikan oleh terbentuknya karat (karat adalah produk dari peristiwa korosi). Korosi dapat terjadi jika ada udara (khususnya gas  $\text{O}_2$ ) dan air. Jika hanya ada air atau gas  $\text{O}_2$  saja, korosi tidak terjadi.

Adanya garam terlarut dalam air akan mempercepat proses korosi. Hal ini disebabkan dalam larutan garam terdapat ion-ion yang membantu mempercepat hantaran ion-ion  $\text{Fe}^{2+}$  hasil oksidasi.

Kekerasan karat meningkat dengan cepat oleh adanya garam sebab kelarutan garam meningkatkan daya hantar ion-ion oleh larutan sehingga mempercepat proses korosi. Ion-ion klorida juga membentuk senyawa kompleks yang stabil dengan ion  $\text{Fe}^{3+}$ . Faktor ini cenderung meningkatkan kelarutan besi sehingga dapat mempercepat korosi.

## 4. Pengendalian Korosi

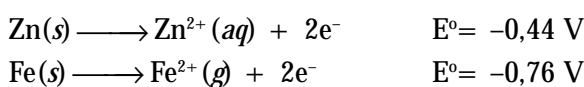
Korosi logam tidak dapat dicegah, tetapi dapat dikendalikan seminimal mungkin. Ada tiga metode umum untuk mengendalikan korosi, yaitu pelapisan (*coating*), proteksi katodik, dan penambahan zat inhibitor korosi.

### a. Metode Pelapisan (*Coating*)

Metode pelapisan adalah suatu upaya mengendalikan korosi dengan menerapkan suatu lapisan pada permukaan logam besi. Misalnya, dengan pengecatan atau penyepuhan logam.

Penyepuhan besi biasanya menggunakan logam krom atau timah. Kedua logam ini dapat membentuk lapisan oksida yang tahan terhadap karat (*pasivasi*) sehingga besi terlindung dari korosi. Pasivasi adalah pembentukan lapisan film permukaan dari oksida logam hasil oksidasi yang tahan terhadap korosi sehingga dapat mencegah korosi lebih lanjut.

Logam seng juga digunakan untuk melapisi besi (*galvanisir*), tetapi seng tidak membentuk lapisan oksida seperti pada krom atau timah, melainkan berkorban demi besi. Seng adalah logam yang lebih reaktif dari besi, seperti dapat dilihat dari potensial setengah reaksi oksidasinya:



Oleh karena itu, seng akan terkorosi terlebih dahulu daripada besi. Jika pelapis seng habis maka besi akan terkorosi bahkan lebih cepat dari keadaan normal (tanpa seng).

Paduan logam juga merupakan metode untuk mengendalikan korosi. Baja *stainless steel* terdiri atas baja karbon yang mengandung sejumlah kecil krom dan nikel. Kedua logam tersebut membentuk lapisan oksida yang mengubah potensial reduksi baja menyerupai sifat logam mulia sehingga tidak terkorosi.

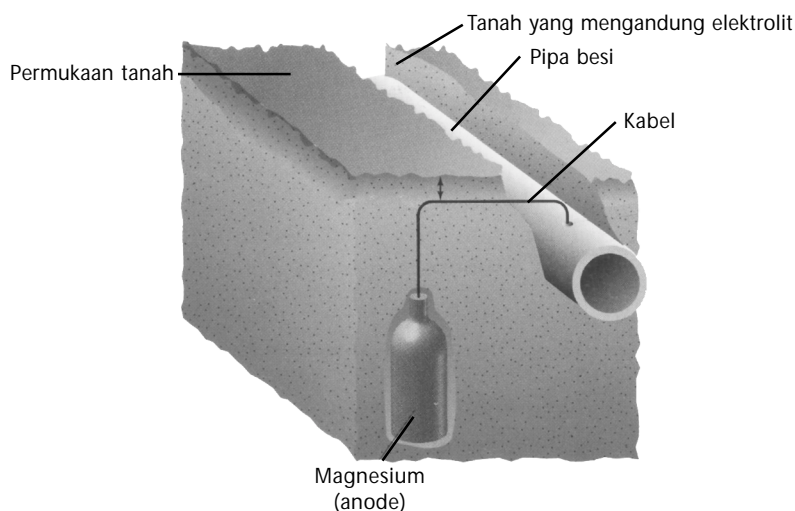
### Kegiatan Inkuiri



Aluminium memiliki potensial oksidasi lebih tinggi daripada besi, tetapi mengapa aluminium banyak digunakan sebagai rangka atau peralatan dan tidak tampak terkorosi sebagaimana besi?

#### b. Proteksi Katodik

Proteksi katodik adalah metode yang sering diterapkan untuk mengendalikan korosi besi yang dipendam dalam tanah, seperti pipa ledeng, pipa Pertamina, dan tanki penyimpanan BBM. Logam reaktif seperti magnesium dihubungkan dengan pipa besi. Oleh karena logam Mg merupakan reduktor yang lebih reaktif dari besi, Mg akan teroksidasi terlebih dahulu. Jika semua logam Mg sudah menjadi oksida maka besi akan terkorosi. Proteksi katodik ditunjukkan pada **Gambar 2.14**.

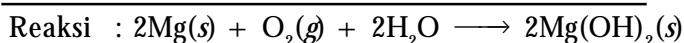
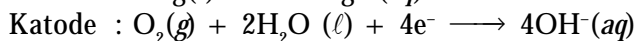
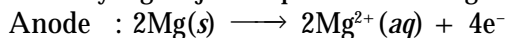


Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

**Gambar 2.14**

Proses katodik dengan menggunakan logam Mg.

Reaksi yang terjadi dapat ditulis sebagai berikut.



Oleh sebab itu, logam magnesium harus selalu diganti dengan yang baru dan selalu diperiksa agar jangan sampai habis karena berubah menjadi hidroksidanya.

### Kata Kunci

- Coating (pelapisan)
- Proteksi katodik
- Pasivasi
- Galvanisir

### c. Penambahan Inhibitor

Inhibitor adalah zat kimia yang ditambahkan ke dalam suatu lingkungan korosif dengan kadar sangat kecil (ukuran ppm) guna mengendalikan korosi. Inhibitor korosi dapat dikelompokkan berdasarkan mekanisme pengendaliannya, yaitu inhibitor anodik, inhibitor katodik, inhibitor campuran, dan inhibitor teradsorpsi.

#### 1) Inhibitor anodik

Inhibitor anodik adalah senyawa kimia yang mengendalikan korosi dengan cara menghambat transfer ion-ion logam ke dalam air. Contoh inhibitor anodik yang banyak digunakan adalah senyawa kromat dan senyawa molibdat.

#### 2) Inhibitor katodik

Inhibitor katodik adalah senyawa kimia yang mengendalikan korosi dengan cara menghambat salah satu tahap dari proses katodik, misalnya penangkapan gas oksigen (*oxygen scavenger*) atau pengikatan ion-ion hidrogen. Contoh inhibitor katodik adalah hidrazin, tannin, dan garam sulfit.

#### 3) Inhibitor campuran

Inhibitor campuran mengendalikan korosi dengan cara menghambat proses di katodik dan anodik secara bersamaan. Pada umumnya inhibitor komersial berfungsi ganda, yaitu sebagai inhibitor katodik dan anodik. Contoh inhibitor jenis ini adalah senyawa silikat, molibdat, dan fosfat.

#### 4) Inhibitor teradsorpsi

Inhibitor teradsorpsi umumnya senyawa organik yang dapat mengisolasi permukaan logam dari lingkungan korosif dengan cara membentuk film tipis yang teradsorpsi pada permukaan logam. Contoh jenis inhibitor ini adalah merkaptobenzotiazol dan 1,3,5,7-tetraazaadamantane.

### Kata Kunci

- Inhibitor korosi
- Lingkungan korosif

## Tes Kompetensi Subbab D

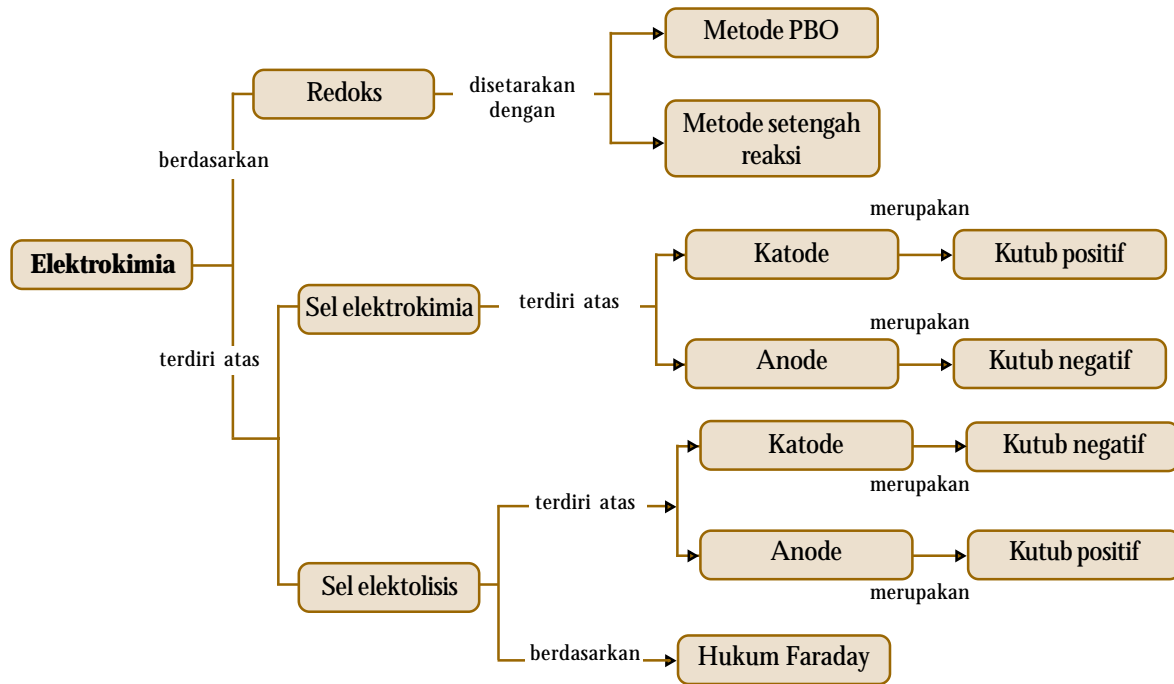
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Mengapa besi teroksidasi sangat lambat? Jelaskan. (Gunakan data potensial sel)
2. Adakah persamaan antara proses korosi besi dan sel volta? Jelaskan.
3. Mengapa logam besi berperan sebagai katode jika dihubungkan dengan logam magnesium atau seng? Jelaskan.
4. Apa yang dimaksud dengan inhibitor? Bagaimana kerja dari masing-masing inhibitor?

## Rangkuman

1. Persamaan reaksi redoks dapat disetarakan dengan metode bilangan oksidasi dan metode setengah-reaksi, yang memisahkan reaksi menjadi dua bagian reaksi.
2. Elektrokimia adalah bidang kimia yang mengkaji energi listrik dalam reaksi kimia.
3. Sel volta adalah sel elektrokimia yang mengubah reaksi redoks menjadi energi listrik. Sel volta disusun dari dua elektrode yang dihubungkan secara internal melalui jembatan garam dan secara eksternal melalui rangkaian kabel yang dapat dihubungkan dengan lampu listrik atau voltmeter.
4. Dalam sel volta, oksidasi terjadi pada anode dan reduksi terjadi pada katode. Kutub listrik pada anode negatif dan kutub listrik pada katode positif. Jembatan garam berfungsi sebagai penghubung kedua elektrode secara internal untuk menetralkan ion-ion berlebih selama proses redoks berlangsung. Jembatan garam berisi larutan garam.
5. Potensial atau GGL sel adalah daya dorong elektron agar dapat mengalir dari anode menuju katode.
6. Potensial reduksi standar adalah potensial reduksi setengah sel yang diukur pada keadaan standar (konsentrasi 1 M, suhu 25°C, dan tekanan udara 1 atm).
7. Sebagai standar untuk pengukuran potensial sel reduksi adalah elektrode hidrogen. Berlangsung tidaknya suatu sel elektrokimia dapat diramalkan berdasarkan nilai potensial reduksi standar. Jika potensial sel elektrokimia berharga positif, reaksi dalam sel akan berlangsung spontan, sebaliknya tidak terjadi.
8. Sel elektrolisis adalah sel elektrokimia yang merupakan kebalikan dari sel volta. Dalam sel elektrolisis, energi listrik dipasok untuk mendorong reaksi redoks tidak spontan menjadi spontan.
9. Sel elektrolisis disusun dari dua elektrode (katode dan anode) dan larutan elektrolit. Di anode terjadi reaksi oksidasi dan di katode terjadi reaksi reduksi (sama dengan sel volta). Perbedaannya, dalam sel elektrolisis, kutub anode (+) dan katode (-).
10. Jumlah zat yang terendapkan pada katode, arus listrik dan waktu elektrolisis yang diperlukan dapat dihitung berdasarkan Hukum Faraday.
11. Sel elektrolisis banyak digunakan untuk pengolahan dan pemurnian logam serta pelapisan logam (*electroplating*).
12. Korosi pada logam terjadi akibat interaksi antara logam dan lingkungan yang bersifat korosif, yaitu lingkungan lembap dan diinduksi oleh adanya gas O<sub>2</sub> atau CO<sub>2</sub>.
13. Korosi tidak dapat dicegah, tetapi dapat dikendalikan, baik dengan cara pelapisan logam (*coating*), proteksi katodik, maupun penambahan inhibitor.
14. Inhibitor adalah zat kimia yang ditambahkan ke dalam lingkungan yang korosif dengan konsentrasi relatif sedikit untuk mengendalikan korosi.





### Refleksi

Apakah Anda merasa kesulitan dalam memahami materi di Bab 2 ini? Bagian manakah dari materi Bab 2 ini yang tidak Anda kuasai? Jika Anda merasa kesulitan, diskusikan dengan teman atau guru Anda.

Pada bab ini Anda telah mempelajari reaksi redoks dan prinsip elektrokimia (sel volta), yang dapat menguatkan pemahaman Anda terhadap penyetaraan reaksi redoks baik dengan metode perubahan bilangan oksidasi maupun dengan metode setengah reaksi. Dengan menggunakan prosedur yang sudah baku, Anda juga dapat menerapkan beberapa aplikasi teknologi yang berkaitan dengan proses penyediaan energi.

Pada bab ini juga Anda dapat memahami prinsip elektrolisis. Aplikasi sel elektrolisis di antaranya berguna untuk pengendalian korosi dengan berbagai cara, seperti pelapisan logam (*coating*), proteksi katodik, dan penambahan inhibitor. Pemahaman konsep redoks dapat memperkirakan apakah suatu reaksi berlangsung spontan atau tidak.

Tahukah Anda manfaat lainnya dari mempelajari reaksi redoks dan elektrokimia?

**A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.**

- Setengah reaksi reduksi  $\text{NO}_3^-$  menjadi  $\text{N}_2\text{O}$  adalah sebagai berikut.  

$$a\text{NO}_3^-(aq) + b\text{H}^+ + 8e^- \longrightarrow c\text{N}_2\text{O}(g) + d\text{H}_2\text{O}(\ell)$$
 Nilai  $a$  dan  $b$  yang cocok adalah ....  
 A. 2, 5                                      D. 1, 5  
 B. 2, 10                                      E. 5, 10  
 C. 1, 4
- Pada penyetaraan setengah reaksi berikut.  
 $\text{CN}^- \longrightarrow \text{CNO}^-$   
 Jumlah elektron yang harus ditambahkan adalah ....  
 A. nol  
 B. satu di kanan  
 C. satu di kiri  
 D. dua di kanan  
 E. dua di kiri
- Gas  $\text{H}_2\text{S}$  dapat dioksidasi oleh  $\text{KMnO}_4$  membentuk  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MnO}_2$ , dan zat lain. Pada reaksi tersebut, setiap mol  $\text{H}_2\text{S}$  akan melepaskan elektron sebanyak ....  
 A. 2 mol  
 B. 4 mol  
 C. 5 mol  
 D. 7 mol  
 E. 8 mol
- UMPTN 1999:**  
 Perhatikanlah reaksi redoks berikut.  
 $\text{Sn}(s) + 4\text{HNO}_3(aq) \longrightarrow \text{SnO}_2(s) + 4\text{NO}_2(s) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$   
 Zat yang berperan sebagai reduktor, yaitu...  
 A. Sn  
 B.  $\text{HNO}_3$   
 C.  $\text{SnO}_2$   
 D.  $\text{NO}_2$   
 E.  $\text{H}_2\text{O}$
- Pada reaksi berikut.  

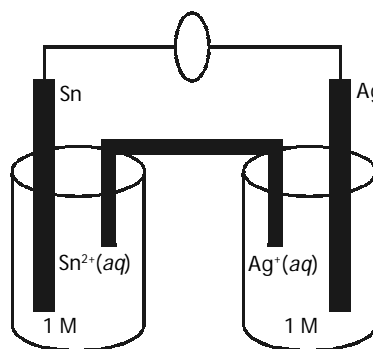
$$a\text{KMnO}_4 + b\text{HCl} \longrightarrow c\text{Cl}_2 + d\text{MnCl}_2 + e\text{KCl} + f\text{H}_2\text{O}$$
 Nilai  $a$  dan  $c$  yang sesuai adalah ....  
 A. 2, 5                                      D. 5, 16  
 B. 2, 8                                      E. 8, 16  
 C. 5, 8
- Pada setengah reaksi oksidasi metanol menjadi asam format, jumlah elektron yang harus ditambahkan adalah ....  
 A. 0    D. 3  
 B. 1    E. 4  
 C. 2
- Reaksi ion permanganat dan ion oksalat dalam larutan basa memiliki persamaan berikut.  

$$\text{MnO}_4^-(aq) + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}(aq) \longrightarrow \text{MnO}_2(s) + \text{CO}_3^{2-}(aq)$$
 Jika persamaan ini disetarakan, jumlah ion  $\text{OH}^-$  yang dibentuk adalah ....

- A. nol    D. empat di kanan  
 B. dua di kanan                              E. empat di kiri  
 C. dua di kiri

- Perhatikan persamaan reaksi reduksi berikut.  

$$p\text{IO}_3^-(aq) + q\text{H}^+ + r e^- \rightarrow s\text{I}_2(s) + t\text{H}_2\text{O}(\ell)$$
 Nilai  $p$ ,  $q$ ,  $r$ ,  $s$ ,  $t$  di atas berturut-turut adalah ....  
 A. 1, 6, 5, 1, 3  
 B. 1, 12, 10, 1, 6  
 C. 2, 12, 10, 1, 12  
 D. 2, 12, 10, 1, 6  
 E. 1, 5, 6, 1, 3
- Zat  $\text{H}_2\text{O}_2$  terurai menjadi  $\text{O}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  jika dipanaskan. Dalam reaksi tersebut,  $\text{H}_2\text{O}_2$  ....  
 A. direduksi jadi  $\text{O}_2$  dan dioksidasi jadi  $\text{H}_2\text{O}$   
 B. dioksidasi menjadi  $\text{O}_2$  dan direduksi jadi  $\text{H}_2\text{O}$   
 C. dioksidasi menjadi  $\text{O}_2$  dan juga  $\text{H}_2\text{O}$   
 D. direduksi menjadi  $\text{O}_2$  dan juga  $\text{H}_2\text{O}$   
 E. terurai tanpa mengalami oksidasi dan reduksi
- Pada sel volta, elektron mengalir dari ....  
 A. potensial rendah ke potensial tinggi  
 B. kutub positif ke kutub negatif  
 C. anode ke katode melalui sirkuit eksternal  
 D. setengah sel reduksi ke setengah sel oksidasi  
 E. anode ke katode melalui jembatan garam
- Jembatan garam pada sel volta berfungsi sebagai ....  
 A. penghubung kedua setengah sel  
 B. media aliran elektron  
 C. pembangkit tenaga listrik sel  
 D. penetrasi kelebihan ion dalam sel  
 E. pemercepat kerja sel volta
- Perhatikanlah konstruksi sel volta berikut.



- Potensial elektrode standar untuk
- $$\text{Ag}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{Ag}(s) \quad E^\circ = 0,80 \text{ V}$$
- $$\text{Sn}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Sn}(s) \quad E^\circ = 0,14 \text{ V}$$
- GGL sel yang terjadi adalah ....
- 0,52 volt                                      D. 0,94 volt
  - 0,66 volt                                      E. 1,74 volt
  - 0,87 volt

13. Sel volta disusun dari elektrode karbon dalam larutan  $\text{Fe}^{2+}$  sebagai anode dan elektrode hidrogen standar sebagai katode. Penulisan lambang yang tepat untuk sel ini adalah ....
- $\text{Fe}(s) | \text{Fe}^{2+}(aq) || \text{H}^+(aq) | \text{H}_2(g) | \text{Pt}$
  - $\text{Fe}^{2+}(s) | \text{Fe}(s) || \text{H}^+(aq) | \text{H}_2(g) | \text{Pt}$
  - $\text{C}(s) | \text{Fe}^{2+}(aq), \text{Fe}^{3+} || \text{H}^+(aq) | \text{H}_2(g) | \text{Pt}$
  - $\text{C}(s) | \text{Fe}^{2+}(aq) || \text{H}_2(s) | \text{H}^+(aq) | \text{Pt}$
  - $\text{C}(s) | \text{Fe}^{2+}(aq), \text{Fe}^{3+}(aq) || \text{Pt} | \text{H}_2(g) | \text{H}^+(aq)$
14. Zat yang dapat mereduksi  $\text{Ag}^+$  menjadi  $\text{Ag}$ , tetapi tidak dapat mereduksi  $\text{Ni}^{2+}$  menjadi  $\text{Ni}$  adalah ....
- Zn
  - Pb
  - Mg
  - Cd
  - Al
15. Potensial reduksi standar Cu, Ni, dan Zn berturut-turut 0,34 volt, -0,25 volt, dan -0,76 volt. Potensial sel volta paling besar diperoleh jika ....
- Cu sebagai katode, Zn sebagai anode
  - Cu sebagai katode, Ni sebagai anode
  - Ni sebagai katode, Zn sebagai anode
  - Ni sebagai katode, Cu sebagai anode
  - Zn sebagai katode, Cu sebagai anode
16. **UMPTN 1999/A:**  
Diketahui:  
 $\text{Ni}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Ni}(s) \quad E^\circ = -0,25 \text{ V}$   
 $\text{Pb}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Pb}(s) \quad E^\circ = -0,13 \text{ V}$   
Potensial standar sel volta yang tersusun dari elektrode Ni dan Pb adalah ....
- 0,38 volt
  - 0,12 volt
  - +0,12 volt
  - +0,25 volt
  - +0,25 volt
17. Perhatikan potensial reduksi standar berikut.  
 $\frac{1}{2} \text{I}_2(s) + e^- \longrightarrow \text{I}^-(aq) \quad E^\circ = 0,54 \text{ V}$   
 $\text{Fe}^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(aq) \quad E^\circ = 0,76 \text{ V}$   
 $\frac{1}{2} \text{Br}_2(l) + e^- \longrightarrow \text{Br}^-(aq) \quad E^\circ = 1,07 \text{ V}$   
Pasangan yang dapat bereaksi adalah ....
- $\text{Fe}^{2+}, \text{Br}_2$
  - $\text{Fe}^{3+}, \text{Br}_2$
  - $\text{Fe}^{2+}, \text{Br}^-$
  - $\text{Fe}^{2+}, \text{I}^-$
  - $\text{I}_2, \text{Br}^-$
18. **Ebtanas 1999:**  
Diketahui potensial reduksi standar untuk:  
 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = +0,77 \text{ V}; \text{Zn}^{2+}/\text{Zn} = -0,76 \text{ V}; \text{Cu}^{2+}/\text{Cu} = +0,34 \text{ V}; \text{Mg}^{2+}/\text{Mg} = -2,37 \text{ V}$ .  
Reaksi yang memiliki potensial terbesar adalah ....
- $\text{Zn}(s) + \text{Cu}^{2+}(aq) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + \text{Cu}(s)$
  - $\text{Zn}(s) + 2\text{Fe}^{3+}(aq) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + 2\text{Fe}^{2+}(aq)$
  - $\text{Mg}(s) + 2\text{Fe}^{3+}(aq) \longrightarrow \text{Mg}^{2+}(aq) + 2\text{Fe}^{2+}(aq)$
  - $\text{Cu}(s) + \text{Mg}^{2+}(aq) \longrightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + \text{Mg}(s)$
  - $2\text{Fe}^{2+}(aq) + \text{Cu}^{2+}(aq) \longrightarrow 2\text{Fe}^{3+}(aq) + \text{Cu}(s)$
19. Potensial sel  $\text{Zn}(s) | \text{Zn}^{2+}(1\text{M}) || \text{Pb}^{2+}(1\text{M}) | \text{Pb}(s)$  adalah ... (lihat tabel potensial reduksi standar)
- 0,889 volt
  - 0,637 volt
  - 0,511 volt
  - 0,637 volt
  - 0,889 volt
20. Potensial elektrode standar reaksi reduksi adalah sebagai berikut.  
 $\text{Zn}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Zn}(s) \quad E^\circ = -0,76 \text{ V}$   
 $\text{Ag}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{Ag}(s) \quad E^\circ = +0,80 \text{ V}$   
GGL sel yang dibentuk dari seng dan perak adalah .... (dalam satuan volt)
- $0,80 + (-0,76)$
  - $0,80 - (-0,76)$
  - $(2 \times 0,80) + (-0,76)$
  - $(2 \times 0,80) - (-0,76)$
  - $(2 \times 0,76) - 0,80$
21. Pada sel elektrolisis berlaku ....
- oksidasi terjadi pada katode
  - anode bermuatan negatif
  - migrasi kation menuju elektrode positif
  - elektrode yang dihubungkan dengan terminal positif baterai dinamakan katode
  - reduksi berlangsung di katode
22. Jika larutan  $\text{MgCl}_2$  dielektrolisis, zat yang akan terbentuk di anode adalah....
- $\text{Mg}(s)$
  - $\text{Cl}_2(g)$
  - $\text{H}_2(g)$
  - $\text{O}_2(g)$
  - $\text{HClO}$
23. Pada proses elektrolisis larutan  $\text{NaOH}$  dengan elektrode Pt, reaksi kimia yang terjadi pada katode adalah ....
- $\text{Na}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{Na}(s)$
  - $4\text{OH}^-(aq) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l) + \text{O}_2(g) + 4e^-$
  - $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$
  - $2\text{H}^+(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g)$
  - $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow 4\text{H}^+(aq) + \text{O}_2(g) + 4e^-$
24. **UMPTN 1995/B:**  
Oksidasi satu mol ion  $\text{CN}^-$  menjadi ion  $\text{CNO}^-$  memerlukan muatan listrik sebanyak ....
- 1 F
  - 2 F
  - 3 F
  - 4 F
  - 6 F
25. Diketahui data potensial reduksi standar:
- $\text{Fe}^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(aq) \quad E^\circ = +0,77 \text{ V}$
  - $\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(s) \quad E^\circ = +0,34 \text{ V}$
  - $\text{Pb}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Pb}(s) \quad E^\circ = -0,13 \text{ V}$
  - $\text{H}_2\text{O}(l) + e^- \longrightarrow \frac{1}{2} \text{H}_2(g) + \text{OH}^-(aq) \quad E^\circ = +0,50 \text{ V}$
- Berdasarkan data tersebut, urutan yang terlebih dahulu dielektrolisis pada katode adalah ....

- A. 1, 2, 3, 4
- B. 1, 3, 4, 2
- C. 1, 4, 2, 3
- D. 1, 4, 3, 2
- E. 1, 3, 2, 4

26. **UMPTN 1997/A:**

Untuk mereduksi 60 g ion  $\text{Ca}^{2+}$  menjadi Ca ( $A_r \text{ Ca} = 40$ ) diperlukan ....

- A. 1,0 F
- B. 1,5 F
- C. 2,0 F
- D. 3,0 F
- E. 4,0 F

27. Pada percobaan elektrolisis, perbandingan tetapan Faraday terhadap tetapan Avogadro adalah ....

- A. jumlah mol elektron
- B. jumlah elektron
- C. muatan elektron
- D. muatan satu mol elektron
- E. muatan pada ion

28. Pada elektrolisis  $\text{CdSO}_4$  menggunakan elektrode karbon terbentuk endapan Cd sebanyak 2 g di katode ( $A_r \text{ Cd} = 112$ ). Volume  $\text{O}_2$  yang terbentuk di anode pada STP adalah ....

- A. 0,2 L
- B. 0,4 L
- C. 0,5 L
- D. 0,6 L
- E. 0,8 L

29. Dua buah sel masing-masing berisi larutan  $\text{NiCl}_2$  dan  $\text{AgNO}_3$  dihubungkan secara seri. Jika selama elektrolisis pada sel kedua terbentuk 0,54 gram perak ( $A_r \text{ Ag} = 108$ ) maka massa nikel ( $A_r \text{ Ni} = 59$ ) yang terbentuk pada sel pertama adalah ....

- A. 147,5 mg
- B. 295,0 mg
- C. 442,5 mg
- D. 590,0 mg
- E. 737,5 mg

30. Pada elektrolisis, jumlah arus listrik pada waktu tertentu dapat mengendapkan 0,01 mol Ag. Jika jumlah arus listrik dan waktu yang sama dialirkan ke dalam larutan  $\text{Cu}^{2+}$  maka logam Cu yang diendapkan sebanyak ....

- A. 0,001 mol
- B. 0,005 mol
- C. 0,010 mol
- D. 0,02 mol
- E. 0,10 mol

31. **UMPTN 1998/B:**

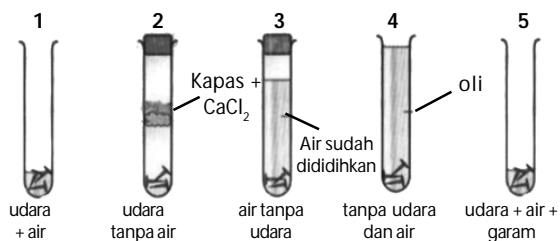
Perkaratan besi pada suhu kamar dipengaruhi oleh adanya ....

- A. oksigen saja
- B. air dan nitrogen
- C. oksigen dan air
- D. air dan argon
- E. air saja

32. Aluminium walaupun tergolong logam reaktif, tetapi tidak bereaksi dengan oksigen dari udara. Hal ini disebabkan ....

- A. dilindungi oleh sejumlah kecil pengotornya
- B. oksidanya membentuk lapisan pelindung yang kuat pada logam
- C. gas  $\text{N}_2$  dan  $\text{CO}_2$  di udara melindungi oksidasi aluminium
- D. membentuk lapisan pelindung melalui reaksi dengan belerang di udara
- E. aluminium tergolong logam mulia

33. Gambar berikut menunjukkan pembentukan korosi pada besi.



Percobaan yang terjadi korosi adalah ....

- A. 1 dan 3
- B. 2 dan 4
- C. 3 dan 5
- D. 1 dan 5
- E. 2 dan 5

34. Untuk menghambat korosi, pipa besi yang dipendam dalam tanah dihubungkan dengan logam yang lebih reaktif, seperti Mg. Pada sistem ini ....

- A. elektron mengalir dari Fe ke Mg
- B. Mg mengalami oksidasi
- C. Fe berfungsi sebagai anode
- D. Fe melepaskan elektron
- E. Mg berfungsi sebagai katode

35. Jenis inhibitor yang mengendalikan korosi dengan cara menangkap gas  $\text{O}_2$  adalah inhibitor ....

- A. katodik
- B. anodik
- C. campuran
- D. adsorpsi
- E. coating

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.**

1. Setarakanlah reaksi redoks berikut dalam suasana asam menggunakan metode setengah reaksi.
  - a.  $\text{Cu}(s) + \text{HNO}_3(aq) \longrightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{NO}(g)$
  - b.  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{Cl}_2(g)$
  - c.  $\text{Pb}(s) + \text{PbO}_2(s) + \text{H}_2\text{SO}_4(aq) \longrightarrow \text{PbSO}_4(s)$
  - d.  $\text{Mn}^{2+} + \text{NaBiO}_3(s) \longrightarrow \text{Bi}^{3+} + \text{MnO}_4^-$
  - e.  $\text{H}_3\text{AsO}_4(aq) + \text{Zn}(s) \longrightarrow \text{AsH}_3(s) + \text{Zn}^{2+}$
  - f.  $\text{Br}^- + \text{MnO}_4^- \longrightarrow \text{Br}_2(l) + \text{Mn}^{2+}$
  - g.  $\text{CH}_3\text{OH}(aq) + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \longrightarrow \text{CH}_2\text{O}(aq) + \text{Cr}^{3+}$
2. Setarakanlah reaksi redoks berikut dalam suasana basa menggunakan metode setengah reaksi.
  - a.  $\text{Al}(s) + \text{MnO}_4^- \longrightarrow \text{MnO}_2(s) + \text{Al}(\text{OH})_4^-$
  - b.  $\text{Cl}_2(g) \longrightarrow \text{Cl}^- + \text{ClO}^-$
  - c.  $\text{NO}_2^- + \text{Al}(s) \longrightarrow \text{NH}_3(aq) + \text{AlO}_2^-$
  - d.  $\text{MnO}_4^- + \text{S}_2^- \longrightarrow \text{MnS}(s) + \text{S}(g)$
  - e.  $\text{CN}^- + \text{MnO}_4^- \longrightarrow \text{CNO}^- + \text{MnO}_2(s)$
3. Gas klor pertama kali dibuat oleh Scheele tahun 1774 melalui oksidasi asam klorida dengan mangan(IV) oksida. Reaksinya:  
$$\text{NaCl}(aq) + \text{H}_2\text{SO}_4(aq) + \text{MnO}_2(s) \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4(aq) + \text{MnCl}_2(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + \text{Cl}_2(g)$$
Setarakanlah reaksi tersebut dengan metode PBO.
4. Mengapa nilai potensial sel merupakan kekuatan relatif yang harganya tidak mutlak?
5. Sel volta tersusun atas elektrode seng dalam larutan seng sulfat dan elektrode nikel dalam larutan nikel sulfat. Setengah reaksinya adalah  
$$\text{Zn}(s) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + 2e^-$$
$$\text{Ni}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Ni}(s)$$
Gambarkan diagram sel, kemudian tunjukkan anode, katode, arah aliran elektron, dan gerakan kation.
6. Hitunglah potensial sel yang diperoleh dari sel pada  $25^\circ\text{C}$  menggunakan elektrode di mana  $\text{I}^-(aq)$  dihubungkan dengan  $\text{I}_2(s)$  dan elektrode lain dengan logam krom yang dicelupkan ke dalam larutan  $\text{Cr}^{3+}(aq)$ .
7. Ketika besi berkarat, permukaan logam berperan sebagai anode sel volta. Mengapa logam besi menjadi katode dari sel volta jika dihubungkan dengan logam Mg atau Zn? Jelaskan.
8. Tentukanlah produk elektrolisis larutan LiBr dan hitunglah massa setiap produk yang dibentuk melalui elektrolisis untuk 1 jam dengan arus 2,5 A.

# Bab 3



Sumber: [www.geokem.com](http://www.geokem.com)

Pertambangan batubara yang terdapat di Pulau Kalimantan.

## Deskripsi Unsur-Unsur Golongan Utama

### Hasil yang harus Anda capai:

memahami karakteristik unsur-unsur penting, kegunaan, dan bahayanya serta terdapatnya di alam.

### Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

- mengidentifikasi kelimpahan unsur-unsur utama di alam dan produk yang mengandung unsur tersebut;
- mendeskripsikan kecenderungan sifat fisik dan kimia unsur utama (titik didih, titik leleh, kekerasan, warna, kelarutan, kereaktifan dan sifat khusus lainnya);
- menjelaskan manfaat, dampak dan proses pembuatan unsur-unsur dan senyawanya dalam kehidupan sehari-hari.

Sampai saat ini, lebih dari seratus macam unsur sudah dikenal dan diidentifikasi sifat-sifat dan manfaatnya, baik dalam bentuk unsur bebas maupun dalam bentuk senyawanya. Sifat-sifat unsur yang mirip digolongkan ke dalam satu golongan dalam sistem periodik. Pengetahuan akan sifat-sifat unsur dapat digunakan untuk berbagai aplikasi yang bermanfaat bagi manusia dan lingkungannya.

Hampir semua industri kimia bahkan industri otomotif melibatkan unsur-unsur golongan utama. Apa sajakah unsur-unsur golongan utama tersebut? Bagaimanakah kecenderungan sifat fisika dan kimia unsur-unsur golongan utama dan proses pembuatannya? Anda akan mengetahuinya setelah mempelajari bab ini.

- A. Unsur-Unsur Gas Mulia
- B. Unsur-Unsur Halogen
- C. Unsur-Unsur Golongan Alkali
- D. Unsur-Unsur Golongan Alkali Tanah
- E. Aluminium dan Senyawanya
- F. Karbon dan Silikon
- G. Nitrogen, Oksigen, dan Belerang

## Tes Kompetensi Awal

1. Masih ingatkah Anda mengenai sistem periodik Mendeleev?
2. Apakah yang dimaksud dengan unsur-unsur golongan utama dalam tabel periodik?
3. Sifat-sifat apa sajakah yang Anda ketahui dari unsur-unsur golongan utama berdasarkan sistem periodik?

## A. Unsur-Unsur Gas Mulia

Selama ini Anda tentu berpandangan bahwa unsur-unsur gas mulia bersifat stabil, dalam arti tidak dapat membentuk senyawa. Mereka cenderung menyendiri sehingga gas mulia mendapat julukan gas lembam (*inert*). Namun, pada 1962 pandangan tersebut gugur sebab beberapa senyawa gas mulia dapat disintesis, walaupun tidak semua gas mulia dapat dibentuk senyawanya.

### 1. Kelimpahan Gas Mulia di Alam

Pada 1892, **Lord Rayleigh** menemukan bahwa massa jenis gas nitrogen yang diperoleh dari udara ( $1,2561 \text{ g L}^{-1}$ ) lebih besar dari yang diperoleh dari hasil penguraian senyawa nitrogen di laboratorium ( $1,2498 \text{ g L}^{-1}$ ). Dia menyimpulkan gas nitrogen dari udara mengandung gas lain.

Untuk mengetahui gas tersebut, Rayleigh bersama-sama **William Ramsay** melakukan penyelidikan dengan cara mereaksikan gas nitrogen dari udara dengan magnesium pada suhu tinggi menjadi padatan  $\text{Mg}_3\text{N}_2$  dan gas sisa yang tidak reaktif. Gas sisa selanjutnya dimasukkan ke dalam tabung hampa udara dan dilewatkan muatan listrik bertegangan tinggi hingga terpancar sinar yang berwarna merah-hijau.

Ramsay dan Rayleigh menyimpulkan bahwa gas sisa adalah unsur baru, disebut argon (dalam bahasa Yunani *argos*, artinya malas). Mereka menduga bahwa argon termasuk dalam kolom unsur baru pada tabel periodik, terletak antara halogen dan logam alkali.

Setelah ditemukan gas argon, gas mulia yang lain ditemukan. Ramsay menemukan bahwa di udara juga terdapat gas mulia lain yang merupakan komponen utama matahari sehingga gas tersebut dinamakan helium (Yunani, *helios*, artinya matahari). Gas mulia berikutnya yang ditemukan Ramsay adalah gas neon (*neos*, artinya baru), kripton (*kryptos*, artinya tersembunyi), dan xenon (*xenos*, artinya asing).

VIII A
$1s^2$ He
$2s^2 2p^6$ Ne
$3s^2 3p^6$ Ar
$4s^2 4p^6$ Kr
$5s^2 5p^6$ Xe
$6s^2 6p^6$ Rn

### Kata Kunci

- Gas mulia
- *Inert*
- Gas monoatomik
- Konfigurasi oktet
- Distilasi bertingkat

### Kegiatan Inkuiri



Cari tahu oleh Anda suatu prosedur penyelidikan untuk mensintesis  $\text{Mg}_3\text{N}_2$  dari logam magnesium dan gas nitrogen.

### 2. Sifat-Sifat Unsur Gas Mulia

Pada pembahasan Ikatan Kimia di Kelas X, gas mulia dianggap stabil karena memiliki konfigurasi elektron yang terisi penuh:

He:  $1s^2$

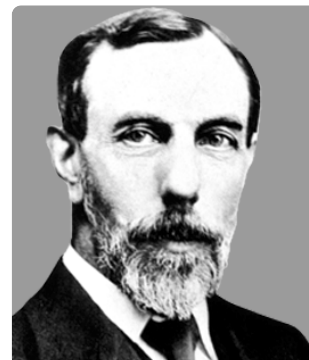
Ne:  $1s^2 2s^2 2p^6$

Ar:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

Xe:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$



Sir William Ramsay  
(1852–1916)



Sumber: Jendela Iptek: Kimia, 1997

Ramsay adalah seorang ahli kimia berkebangsaan Inggris yang menemukan *argon*. Dia bekerja sama dengan ahli fisika Lord Rayleigh. Pada tahun 1904 dia menerima hadiah Nobel untuk kimia.

Selama beberapa tahun, pandangan tersebut dijadikan acuan pada pembentukan ikatan kimia. Menurut teori Lewis, gas mulia tidak reaktif sebab memiliki konfigurasi oktet.

Ketidakreaktifan gas mulia juga dapat dilihat dari data energi ionisasinya. Makin besar energi ionisasi, makin sukar gas mulia membentuk senyawa. Gas helium dan neon hingga saat ini belum dapat dibuat senyawanya.

**Tabel 3.1** Energi Ionisasi Pertama Unsur-Unsur Gas Mulia

Gas mulia	EI(kJ mol <sup>-1</sup> )
He	2377
Ne	2088
Ar	1527
Kr	1356
Xe	1176
Rn	1042

Sumber: *Chemistry with Inorganic Qualitative Analysis*, 1989

Gas mulia merupakan gas monoatomik, tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau. Argon, kripton, dan xenon sedikit larut dalam air akibat terjebak di antara molekul air. Helium dan neon tidak dapat larut dalam air, sebab jari-jari atomnya terlalu kecil hingga dapat meninggalkan air. Beberapa sifat fisika gas mulia dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 3.2** Sifat Fisika dan Kimia Unsur-Unsur Gas Mulia

Sifat Fisika	He	Ne	Ar	Kr	Xe	Rn
Jari-jari (pm)	93	112	154	169	190	225
Kerapatan (g cm <sup>-3</sup> )	0,18	0,90	1,80	3,75	5,8	10
Titik didih (°C)	-269	-246	-186	-153	-108	-62
Titik leleh (°C)	-272	-249	-189	-157	-112	-71

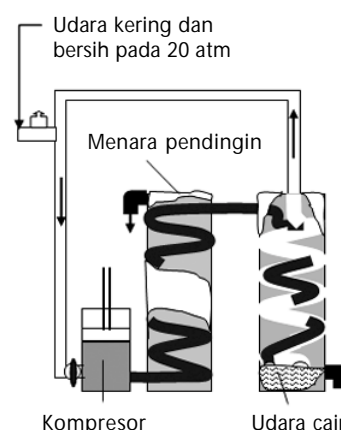
Sumber: *Chemistry (Zumdahl, and Steven, S)*, 1989

Pada tekanan normal, semua gas mulia dapat dipadatkan, kecuali helium. Gas helium hanya dapat dipadatkan pada tekanan sangat tinggi, di atas 25 atm. Oleh karena gas helium merupakan gas yang memiliki titik leleh dan titik didih paling rendah maka gas tersebut dapat digunakan sebagai pendingin untuk mempertahankan suhu di bawah 10 K. Pada 4 K, gas helium menunjukkan sifat super fluida tanpa viskositas disebut super konduktor, yaitu zat yang memiliki daya hantar listrik tanpa hambatan dan menolak medan magnet. Daya hantar listrik helium pada 4 K, 800 kali lebih cepat dibandingkan kawat tembaga.

### 3. Pembuatan dan Kegunaan Unsur Gas Mulia

Secara komersial, semua gas mulia, kecuali helium dan radon diperoleh melalui distilasi bertingkat udara cair. Perbedaan titik didih yang tinggi memungkinkan gas-gas mulia di udara dapat dipisahkan.

Gas mulia banyak dipakai sebagai gas pengisi lampu pijar dan neon. Hampir semua gas mulia berwarna terang jika loncatan bunga api listrik dilewatkan ke dalam tabung berisi gas mulia. Neon berwarna merah, argon berwarna merah muda, kripton berwarna putih-biru, dan xenon berwarna biru.



**Gambar 3.1**

Skema pencairan udara, digunakan dalam pembuatan udara cair komersial.



**Gambar 3.2**  
Berbagai jenis lampu berisi gas mulia.

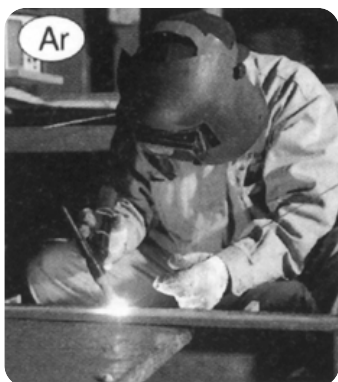


Sumber: Sougou Kagashi



Sumber: Sougou Kagashi

**Gambar 3.3**  
Lampu kilat (*blitz*) yang dipakai pada foto analog mengandung gas xenon.



Sumber: Sougou Kagashi

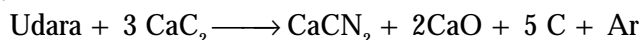
**Gambar 3.4**  
Gas argon banyak digunakan dalam las (menyambung) logam.

Sumber helium adalah gas alam. Helium memiliki titik didih paling rendah sehingga banyak dipakai sebagai pendingin. Gas mulia juga dipakai sebagai pelarut gas oksigen bagi para penyelam dan sebagai udara atmosfer bagi pesawat ruang angkasa.

Oleh karena tabung yang berisi gas mulia menghasilkan cahaya berwarna terang jika dilewatkan loncatan bunga api listrik maka gas mulia banyak digunakan dalam alat penerang (**Gambar 3.2**). Lampu neon dari gas mulia banyak digunakan dalam papan reklame. Helium dan nitrogen digunakan sebagai pengisi bola lampu pijar. Dalam bola lampu, campuran gas tersebut mengkonduksi panas dari filamen tungsten.

Gas mulia juga digunakan dalam sejumlah sinar laser. Laser dari neon-helium pertama kali dioperasikan sebagai gas laser yang kontinu. Laser tersebut memancarkan cahaya merah dengan panjang gelombang 632,8 nm.

Argon merupakan gas mulia terbanyak di udara, diperoleh dengan cara pemanasan udara kering dengan  $\text{CaC}_2$ . Menurut cara ini, gas  $\text{O}_2$  dan  $\text{N}_2$  bereaksi dengan  $\text{CaC}_2$  dan menyisakan gas argon. Persamaan kimianya:



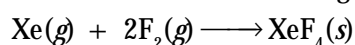
Gas argon digunakan sebagai gas penyambung (las) logam (**Gambar 3.4**).

Dalam sistem pengukuran, kripton digunakan sebagai standar satuan panjang. Ukuran panjang satu meter didefinisikan sebagai 1.650.763,73 kali panjang gelombang spektrum garis ungu-merah dari atom kripton.

#### 4. Senyawa Gas Mulia

**Neil Bartlett**, orang pertama yang membuat senyawa gas mulia. Dia mengetahui bahwa molekul oksigen dapat bereaksi dengan platina heksafluorida,  $\text{PtF}_6$  membentuk padatan ionik  $[\text{O}_2^+][\text{PtF}_6^-]$ . Oleh karena energi ionisasi gas xenon ( $1,17 \times 10^3 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) tidak berbeda jauh dengan molekul oksigen ( $1,21 \times 10^3 \text{ kJ mol}^{-1}$ ), Bartlett menduga bahwa xenon juga dapat bereaksi dengan platina heksafluorida.

Pada tahun 1962, Bartlett berhasil mensintesis senyawa xenon dengan rumus  $\text{XeF}_6$  berwarna jingga-kuning (lihat **Gambar 3.5**). Selain itu, xenon juga dapat bereaksi dengan fluor secara langsung dalam tabung nikel pada suhu  $400^\circ\text{C}$  dan tekanan 6 atm menghasilkan xenon tetrafluorida, berupa padatan tidak berwarna dan mudah menguap.



Sejak saat itu banyak senyawa gas mulia yang dibuat dengan unsur-unsur yang keelektronegatifan tinggi, seperti fluor dan oksigen. Lihat **Tabel 3.3**.

Di antara semua unsur gas mulia, baru kripton dan xenon yang dapat dibuat senyawanya. Mengapa kedua gas mulia ini dapat membentuk senyawa?

**Tabel 3.3** Senyawa yang Mengandung Unsur Gas Mulia (Xenon) dengan Unsur Elektronegatif

Senyawa	Rumus	Deskripsi
Xenon difluorida	XeF <sub>2</sub>	Kristal tak berwarna
Xenon tetrafluorida	XeF <sub>4</sub>	Kristal tak berwarna
Xenon heksafluorida	XeF <sub>6</sub>	Kristal tak berwarna
Xenon trioksida	XeO <sub>3</sub>	Kristal tak berwarna, eksplosif
Xenon tetroksida	XeO <sub>4</sub>	Gas tak berwarna, eksplosif

Sumber: *General Chemistry*, 1990

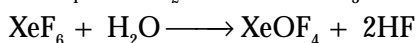
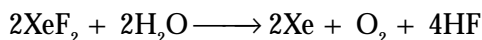
### Kegiatan Inkuiri



Gambarkan struktur molekul dari senyawa xenon, kemudian hubungkan dengan teori oktet dari Lewis. Adakah penyimpangan? Tergolong senyawa apakah menurut Lewis?

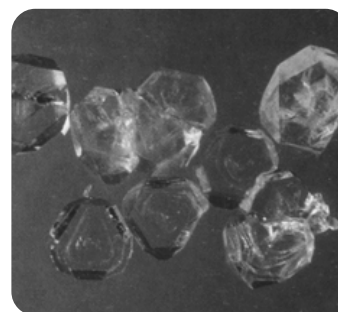
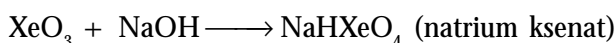
Hal ini berkaitan dengan jari-jari atom gas mulia. Pada tabel periodik, jari-jari atom gas mulia makin ke bawah makin besar. Akibatnya, gaya tarik inti terhadap elektron valensi makin berkurang sehingga atom-atom gas mulia seperti xenon dan kripton lebih reaktif dibandingkan gas mulia yang lain. Radon dengan jari-jari paling besar juga dapat bereaksi dengan oksigen atau fluor, tetapi karena radon merupakan unsur radioaktif menjadikan senyawa yang terbentuk sukar dipelajari.

Jika senyawa-senyawa fluorida dari xenon direaksikan dengan air akan terbentuk senyawa xenon yang lain. Persamaan kimianya:



Xenon trioksida, XeO<sub>3</sub> merupakan oksida xenon yang paling utama. XeO<sub>3</sub> memiliki bentuk padat berwarna putih dan bersifat eksplosif. Akan tetapi, jika dilarutkan dalam air, sifat eksplosif XeO<sub>3</sub> akan hilang sebab terbentuk senyawa asam ksenat, H<sub>2</sub>XeO<sub>4</sub>, yang bersifat oksidator kuat.

Xenon trioksida dapat juga bereaksi dengan suatu basa, seperti NaOH membentuk garam ksenat dan garam perksenat. Persamaan kimianya:



Sumber: *Chemistry*, 2000

**Gambar 3.5**

#### Kristal XeF<sub>4</sub>

Pertama dibuat tahun 1962, melalui reaksi langsung Xe(g) dan F<sub>2</sub>(g) dalam kamar reaktor nikel pada 400°C dan 6 atm.

## Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

- Xenon difluorida dihidrolisis dalam larutan basa menghasilkan xenon, ion fluorida, dan O<sub>2</sub>. Tuliskan persamaan reaksinya.
- Xenon difluorida adalah oksidator yang kuat. Dalam larutan HCl senyawa ini tereduksi menjadi xenon dan HF. Tuliskan reaksi redoksnya, disertai dengan HCl yang dioksidasi menjadi Cl<sub>2</sub>.
- Gambarkan struktur molekul dari XeF<sub>2</sub>, XeF<sub>4</sub>, dan XeF<sub>6</sub>. Hibridisasi apa yang terjadi pada senyawa tersebut?

## B. Unsur-Unsur Halogen

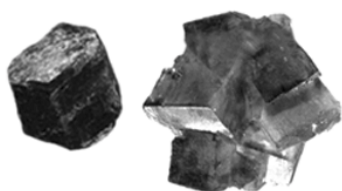
Berdasarkan konfigurasi elektronnya, halogen menempati golongan VIIA dalam tabel periodik. Atom-atom unsur halogen memiliki afinitas elektron tinggi sehingga mudah menerima elektron membentuk konfigurasi elektron gas mulia. Oleh sebab itu, unsur-unsur halogen tidak pernah ditemukan dalam keadaan unsur bebas di alam.

### 1 Kelimpahan Unsur Halogen

Halogen umumnya terdapat dalam bentuk garamnya. Oleh sebab itu, unsur-unsur golongan VIIA dinamakan halogen, artinya pembentuk garam (*halos* dan *genes*, *halos* = garam; *genes* = pembentuk atau pencipta).

Fluorin dan klorin merupakan unsur halogen yang melimpah di alam. Fluorin terdapat dalam mineral fluorapatit,  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$  dan mineral fluorit,  $\text{CaF}_2$ . Bentuk kedua mineral tersebut ditunjukkan pada **Gambar 3.6**.

Klorin melimpah dalam bentuk  $\text{NaCl}$  terlarut di lautan maupun sebagai deposit garam. Bromin kurang melimpah, terdapat sebagai ion  $\text{Br}$  dalam air laut. Iodin terdapat dalam jumlah sedikit sebagai  $\text{NaI}$  dalam air laut dan sebagai  $\text{NaIO}_3$  bersama-sama garam nitrat. Unsur astatin tidak dijumpai di alam sebab bersifat radioaktif sehingga mudah berubah menjadi unsur lain yang lebih stabil.



Sumber: Chemistry, 2000

**Gambar 3.6**

Mineral fluoroapatit dan fluorit (fluorosfar)

### 2. Sifat-Sifat Unsur Halogen

Semua unsur halogen terdapat sebagai molekul diatom, yaitu  $\text{F}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$ , dan  $\text{I}_2$ . Fluorin dan klorin berwujud gas, fluorin berwarna kuning pucat dan klorin berwarna kuning kehijauan. Bromin mudah menguap, cairan dan uapnya berwarna cokelat-kemerahan. Iodin berupa zat padat berwarna hitam mengkilap yang dapat menyublim menghasilkan uap berwarna ungu (lihat **Gambar 3.7**).

Unsur-unsur halogen mudah dikenali dari bau dan warnanya. Halogen umumnya berbau menyengat, terutama klorin dan bromin (*bromos*, artinya pesing). Kedua gas ini bersifat racun sehingga harus ditangani secara hati-hati. Jika wadah bromin bocor maka dalam beberapa saat, ruangan akan tampak cokelat-kemerahan. Titik leleh, titik didih, dan sifat-sifat fisika lainnya ditunjukkan pada **Tabel 3.4**.

**Tabel 3.4** Beberapa Sifat Unsur-Unsur Golongan VIIA

Sifat-Sifat Unsur	F	Cl	Br	I	At
Titik leleh ( $^{\circ}\text{C}$ )	-220	-101	-7	114	-
Titik didih ( $^{\circ}\text{C}$ )	-188	-35	-59	184	-
Massa jenis ( $\text{g cm}^{-3}$ )	0,0017	0,0032	3,12	4,93	-
Keelektronegatifan	4,0	3,0	2,8	2,5	2,2
Afinitas eletron ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )	-328	-349	-325	-295	-270
Jari-jari ion ( $\text{\AA}$ )	1,19	1,67	1,82	2,06	-
Jari-jari kovalen ( $\text{\AA}$ )	0,64	0,99	1,14	1,33	1,48

Sumber: General Chemistry, 1990

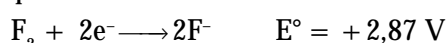
Kenaikan titik leleh dan titik didih dari atas ke bawah dalam tabel periodik disebabkan gaya London di antara molekul halogen yang makin meningkat dengan bertambahnya panjang ikatan. Gaya berbanding lurus dengan jarak atau panjang ikatan.

VII A
$[\text{He}]2s^2 2p^5$ F
$[\text{Ne}]3s^2 3p^5$ Cl
$[\text{Ar}]4s^2 4p^5$ Br
$[\text{Kr}]5s^2 5p^5$ I
$[\text{Xe}]6s^2 6p^5$ At

Kereaktifan halogen dapat dipelajari dari jari-jari atomnya. Dari atas ke bawah, jari-jari atom meningkat sehingga gaya tarik inti terhadap penerimaan (afinitas) elektron makin lemah. Akibatnya, kereaktifan unsur-unsur halogen dari atas ke bawah berkurang.

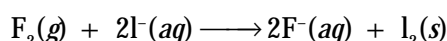
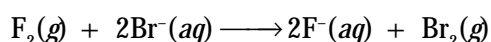
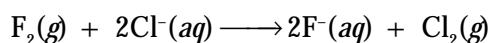
Kereaktifan halogen dapat juga dipelajari dari afinitas elektron. Makin besar afinitas elektron, makin reaktif unsur tersebut. Dari atas ke bawah dalam tabel periodik, afinitas elektron unsur-unsur halogen makin kecil sehingga kereaktifannya:  $F > Cl > Br > I$ .

Oleh karena unsur halogen mudah menerima elektron maka semua unsur halogen merupakan oksidator kuat. Kekuatan oksidator halogen menurun dari atas ke bawah dalam tabel periodik. Hal ini dapat dilihat dari potensial reduksi standar:

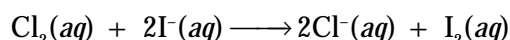
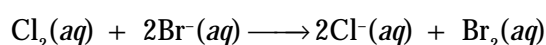


Berdasarkan data potensial reduksi standar dapat disimpulkan bahwa  $F_2$  merupakan oksidator paling kuat. Oleh karena itu, unsur halogen dapat mengoksidasi halogen lain yang terletak di bawahnya dalam tabel periodik, tetapi reaksi kembalinya *tidak* terjadi.

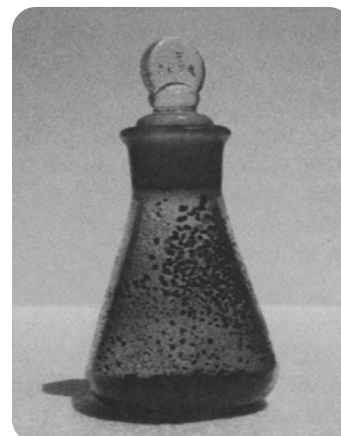
Kekuatan oksidator  $F_2$ ,  $Cl_2$ ,  $Br_2$ , dan  $I_2$  dapat dilihat dari reaksi antarhalogen. Gas fluorin dapat mengoksidasi unsur-unsur halogen yang berada di bawahnya:



Demikian pula jika gas klorin ditambahkan ke dalam larutan yang mengandung ion  $Br^-$  atau ion  $I^-$ , akan terbentuk bromin dan iodin.



Reaksi  $Cl_2$  dengan  $Br^-$  atau  $I^-$  dapat digunakan untuk identifikasi bromin dan klorin dalam suatu senyawa ion.



Sumber: Chemistry: The molecular Science, 1997

Gambar 3.7

Kristal iodium apabila dipanaskan tidak mencair, tetapi menyublim.



Halogen dapat mengoksidasi halogen lain yang berada di bawahnya dalam tabel periodik, tetapi reaksi kebalikannya tidak terjadi.

*Halogen can be oxidized by another halogen which is under the first one in periodic table, but the opposite reaction will not occur.*

### Kata Kunci

- Molekul diatom
- Oksidator kuat



## Aktivitas Kimia 3.1

### Daya Oksidasi dan Reduksi Unsur Halogen

#### Tujuan

Menunjukkan sifat oksidator halogen dan daya pereduksi halidanya.

#### Alat

1. Tabung reaksi
2. Botol pereaksi
3. Tabung "Y"

#### Bahan

1. Kaporit
2. HCl pekat
3. Aquades (air suling)
4. Larutan KI
5. Kloroform

### Langkah Kerja

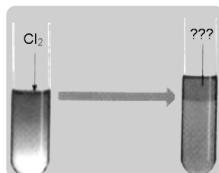
#### Pembuatan larutan klorin

1. Siapkan Tabung "Y" seperti gambar berikut.
2. Tambahkan kaporit pada kaki kiri dan HCl pekat pada kaki kanan.
3. Masukkan aquades pada botol pereaksi.
4. Putar tabung Y sedemikian rupa sehingga HCl pekat mengalir ke dalam kaporit. Lakukan sampai terbentuk larutan klorin jenuh.



#### Menunjukkan oksidator klorin

1. Siapkan tabung reaksi yang berisi campuran larutan KI dan kloroform.
2. Tambahkan larutan Cl<sub>2</sub> jenuh hasil reaksi ke dalam tabung reaksi. Amati perubahan yang terjadi.

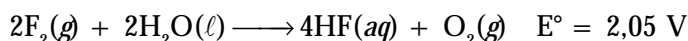


Larutan KI + kloroform

### Pertanyaan

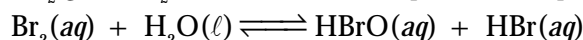
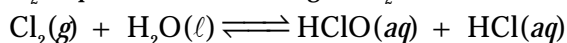
1. Apakah yang dapat Anda amati dari percobaan pembuatan larutan klorin?
2. Tuliskan reaksi yang terjadi antara kaporit (CaOCl<sub>2</sub>) dan HCl.
3. Tuliskan reaksi yang terjadi antara KI dan Cl<sub>2</sub>. Zat apakah yang terdapat dalam kloroform?
4. Berapa potensial sel dalam reaksi tersebut?
5. Apakah yang dapat Anda simpulkan dari pengamatan percobaan ini? Diskusikan dengan teman atau guru Anda.

Nilai GGL dapat dipakai untuk meramalkan kespontanan reaksi. Pada reaksi halogen dan air, nilai GGL dapat dihitung dari potensial reduksi standar, misalnya:



Oleh karena potensial sel sangat tinggi maka reaksi fluorin dan air berlangsung sangat dahsyat.

Reaksi gas Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, dan I<sub>2</sub> dengan air menghasilkan nilai GGL berturut-turut 0,54 volt; 0,24 volt; dan -0,28 volt. Berdasarkan nilai GGL, gas Cl<sub>2</sub> dan Br<sub>2</sub> dapat bereaksi, sedangkan I<sub>2</sub> tidak bereaksi.



### Mahir Menjawab

Berdasarkan sifat periodik unsur-unsur halogen, HF diharapkan mempunyai titik didih paling rendah dengan HCl, HBr, dan HI. Hal ini disebabkan HF mempunyai ikatan ....

- A. ion
- B. hidrogen
- C. kovalen
- D. van der Waals
- E. kovalen ion

#### Pembahasan

HF seharusnya mempunyai titik didih yang rendah dibandingkan dengan HCl, HBr, dan HI karena mempunyai M<sub>r</sub> terkecil sehingga ikatan Van der Waals paling rendah. Akan tetapi, kenyataannya HF mempunyai titik didih tertinggi karena mempunyai ikatan hidrogen. Jadi, jawaban yang dimaksud adalah ikatan van der Waals. (D)

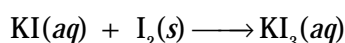
SPMB 2002

### Kegiatan Inkuiri



Jelaskan kelarutan gas halogen menggunakan data potensial reduksi standar antara gas halogen dan air. Mengapa F<sub>2</sub> bereaksi, sedangkan yang lain tidak bereaksi?

Kelarutan halogen dalam air beragam. Gas F<sub>2</sub> bereaksi dengan air membentuk HF. Gas Cl<sub>2</sub> dan Br<sub>2</sub> larut baik dalam air, sedangkan I<sub>2</sub> sukar larut dalam air. Agar I<sub>2</sub> dapat larut dalam air, harus ditambah KI karena terbentuk senyawa kompleks I<sub>3</sub><sup>-</sup>.



Halogen dapat bereaksi dengan hampir semua unsur, baik unsur logam maupun nonlogam. Demikian pula dengan sesama halogen dapat membentuk senyawa antarhalogen, seperti ClF, BrF, IBr, ClF<sub>3</sub>, ClF<sub>5</sub>, dan IF<sub>7</sub>.

Pada senyawa antarhalogen, biloks positif dimiliki oleh halogen dengan keelektronegatifan lebih kecil. Misalnya, dalam molekul  $\text{ClF}_3$ , biloks  $\text{Cl} = +3$  dan biloks  $\text{F} = -1$ .

Halogen bereaksi dengan logam membentuk senyawa ionik. Dengan unsur bukan logam, halogen membentuk senyawa kovalen. Baik dalam senyawa ionik maupun kovalen, pada umumnya halogen memiliki bilangan oksidasi 1.

Semua unsur halogen dapat membentuk asam okso, kecuali fluorin. Bilangan oksidasinya mulai dari +1, +3, +5, dan +7. Contohnya dapat dilihat pada **Tabel 3.5**.

**Tabel 3.5** Senyawa Halogen yang Dapat Membentuk Asam Okso

Halogen	Hipohalida	Halit	Halat	Perhalat
Klorin	$\text{HClO}$	$\text{HClO}_2$	$\text{HClO}_3$	$\text{HClO}_4$
Bromin	$\text{HBrO}$	$\text{HBrO}_2(*)$	$\text{HBrO}_3$	$\text{HBrO}_4(*)$
Iodin	$\text{HIO}$	$\text{HIO}_2(*)$	$\text{HIO}_3$	$\text{HIO}_4$

Sumber: *General Chemistry*, 1990



### Catatan Note

(\*)  $\text{HBrO}_2$ ,  $\text{HIO}_2$ , dan  $\text{HBrO}_4$  tidak stabil sehingga sukar dibuat.

(\*)  $\text{HBrO}_2$ ,  $\text{HIO}_2$ , and  $\text{HBrO}_4$  are unstable thus those are difficult to be produced.

### Contoh 3.1

#### Reaksi Antarhalogen

Tuliskan persamaan setara untuk reaksi berikut jika dapat bereaksi.

- $\text{I}^-(aq) + \text{Br}_2(l)$
- $\text{Cl}^-(aq) + \text{I}_2(s)$

#### Jawab

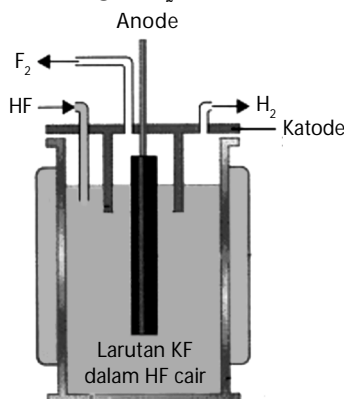
- $\text{Br}_2$  dapat mengoksidasi ion halogen yang berada di bawahnya pada tabel periodik. Dengan demikian,  $\text{Br}_2$  akan mengoksidasi  $\text{I}^-$ :  

$$2\text{I}^-(aq) + \text{Br}_2(l) \longrightarrow 2\text{Br}^-(aq) + \text{I}_2(s)$$
- Ion  $\text{Cl}^-$  adalah ion halogen berada di atas iodium dalam tabel periodik. Oleh karena itu,  $\text{I}_2$  tidak dapat mengoksidasi  $\text{Cl}^-$ . Jadi, tidak akan terjadi reaksi:  

$$\text{Cl}^-(aq) + \text{I}_2(s) \not\rightarrow$$

### 3. Pembuatan dan Kegunaan Unsur Halogen

Gas  $\text{F}_2$  merupakan oksidator kuat sehingga hanya dapat dibuat melalui elektrolisis garamnya, yaitu larutan  $\text{KF}$  dalam  $\text{HF}$  cair. Dalam elektrolisis dihasilkan gas  $\text{H}_2$  di katode dan gas  $\text{F}_2$  di anode. Perhatikan **Gambar 3.8**



Sumber: *Chemistry*, 2002

Gas  $\text{F}_2$  diproduksi secara komersial untuk bahan bakar nuklir uranium. Logam uranium direaksikan dengan gas fluorin berlebih menghasilkan uranium heksafluorida,  $\text{UF}_6$  (padatan berwarna putih dan mudah menguap).

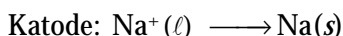
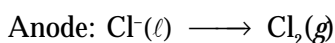
### Kata Kunci

- Senyawa ionik
- Senyawa antarhalogen
- Senyawa kovalen
- Asam okso
- Elektrolisis

**Gambar 3.8**

Pembuatan gas  $\text{F}_2$  secara elektrolisis

Gas  $\text{Cl}_2$  dibuat melalui elektrolisis lelehan  $\text{NaCl}$ , reaksinya:



Gas  $\text{Cl}_2$  digunakan sebagai bahan dasar industri plastik, seperti vinil klorida,  $\text{CH}_2=\text{CHCl}$  (untuk PVC),  $\text{CCl}_4$  (untuk fluorokarbon), dan  $\text{CH}_3\text{Cl}$  (untuk silikon dan TEL). Dalam jumlah besar, klorin digunakan untuk desinfektan, pemutih, pulp kertas, dan tekstil.

Gas  $\text{Br}_2$  dibuat dari air laut melalui oksidasi dengan gas  $\text{Cl}_2$ . Secara komersial, pembuatan gas  $\text{Br}_2$  sebagai berikut.

- Air laut dipanaskan kemudian dialirkan ke tanki yang berada di puncak menara.
- Uap air panas dan gas  $\text{Cl}_2$  dialirkan dari bawah menuju tanki. Setelah terjadi reaksi redoks, gas  $\text{Br}_2$  yang dihasilkan diembunkan hingga terbentuk lapisan yang terpisah. Bromin cair berada di dasar tangki, sedangkan air di atasnya.
- Selanjutnya bromin dimurnikan melalui distilasi.

Bromin digunakan dalam industri untuk membuat senyawa metil bromida,  $\text{CH}_3\text{Br}$  (sebagai pestisida), perak bromida (untuk film fotografi), dan alkali bromida (untuk sedatif).

**Gambar 3.9**

- Gas  $\text{Br}_2$  dibuat dari air laut melalui oksidasi dengan gas  $\text{Cl}_2$ .
- Pelat film ini dilapisi oleh  $\text{AgBr}$ , yang sensitif terhadap cahaya.



(a)



(b)

Sumber: Sougou Kagashi

Gas  $\text{I}_2$  diproduksi dari air laut melalui oksidasi ion iodida dengan oksidator gas  $\text{Cl}_2$ . Iodin juga dapat diproduksi dari natrium iodat (suatu pengotor dalam garam (Chili,  $\text{NaNO}_3$ )) melalui reduksi ion iodat oleh  $\text{NaHSO}_3$ . Iodin digunakan untuk membuat senyawa  $\text{AgI}$  sebagai film fotografi dan  $\text{KI}$  sebagai nutrisi dan makanan ternak. Beberapa kegunaan senyawa halogen dijabarkan pada **Tabel 3.6**.

**Tabel 3.6** Beberapa Kegunaan Senyawa Halogen

Senyawa	Kegunaan
$\text{AgBr}$ , $\text{AgI}$	Film fotografi
$\text{CCl}_4$	Industri fluorokarbon
$\text{CH}_3\text{Br}$	Pestisida
$\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$	Penangkapan timbal dalam gasolin
$\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}$	Industri polivinil klorida dan plastik
$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$	Industri TEL
$\text{HCl}$	Pengolahan logam dan makanan
$\text{NaClO}$	Pemutih pakaian dan industri hidrazin
$\text{NaClO}_3$	Pemutih kertas dan pulp
$\text{KI}$	Nutrisi manusia dan suplemen makanan hewan

## Kegiatan Inkuiri



Tuliskan persamaan reaksi pada pembuatan iodin dari natrium iodat dan natrium hidrogen sulfit.

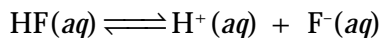
### 4. Sifat dan Pembuatan Senyawa Halogen

Senyawa halogen yang penting adalah asam hidrogen halida (HX), asam okso-halida ( $\text{HXO}_n$ ), dan garamnya (MX). Setiap unsur halogen dapat membentuk senyawa biner dengan hidrogen: HF, HCl, HBr, dan HI. Semuanya merupakan gas tak berwarna dengan bau sangat tajam.

Titik didih asam halida meningkat dari atas ke bawah dalam sistem periodik (HCl =  $-85^\circ\text{C}$ ; HBr =  $-67^\circ\text{C}$ ; HI =  $-35^\circ\text{C}$ ), kecuali HF memiliki titik didih paling tinggi, yaitu  $20^\circ\text{C}$ . Penyimpangan ini sebagai akibat adanya ikatan hidrogen antarmolekul HF yang sangat kuat dibandingkan asam-asam halida yang lain.

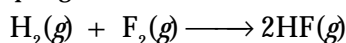
Kekuatan asam halida di dalam pelarut air meningkat dari atas ke bawah dalam tabel periodik. Hal ini disebabkan oleh jari-jari atom halogen yang makin besar sehingga kemampuan menarik atom H makin lemah, akibatnya atom H mudah lepas.

Asam-asam halida di dalam air terionisasi sempurna, kecuali asam fluorida tergolong asam lemah dengan derajat ionisasi 2,9%. Persamaan ionisasinya:

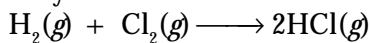


Asam-asam halida dapat disintesis langsung dari unsur-unsurnya, seperti berikut ini.

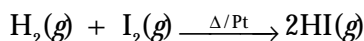
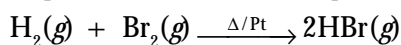
- a. Gas  $\text{F}_2$  dan  $\text{H}_2$  bereaksi sangat dahsyat membentuk senyawa HF, tetapi reaksinya tidak memiliki nilai komersial, sebab gas  $\text{F}_2$  sendiri dibuat dari penguraian HF.



- b. Senyawa HCl dibuat melalui reaksi gas  $\text{Cl}_2$  dan  $\text{H}_2$  berlebih.

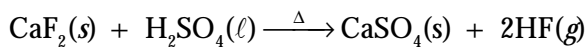


- c. HBr dan HI dibuat dengan cara serupa, tetapi menggunakan katalis platina sebab reaksi tanpa katalis sangat lambat.

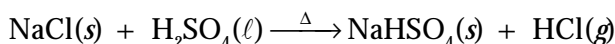


Umumnya, asam-asam halida disintesis melalui pemanasan garam halida dengan asam yang tidak mudah menguap, seperti berikut ini.

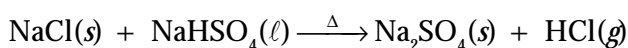
- a. HF, dibuat dari garam  $\text{CaF}_2$  dan asam sulfat pekat. Reaksinya:



- b. HCl, dibuat dari natrium klorida dan asam sulfat pekat. Reaksinya:



Pada suhu tinggi, hasil yang terbentuk adalah natrium sulfat:



- c. HBr dan HI, tidak dapat dibuat dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , sebab dapat mengoksidasi  $\text{Br}^-$  dan  $\text{I}^-$  menjadi unsur-unsurnya. Dalam hal ini digunakan asam fosfat. Reaksinya:

### Catatan Note



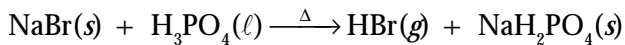
Ikatan hidrogen adalah ikatan antara atom yang mempunyai sifat keelektronegatifan tinggi, dan atom hidrogen.

*Hydrogen bond is the interaction between an high electronegativity atom and hydrogen atom.*

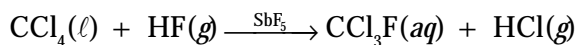
### Kata Kunci

- Asam halida
- Kekuatan asam
- Senyawa biner
- Pickling



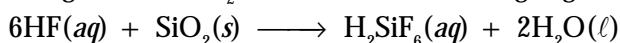


Kegunaan utama HF adalah sebagai bahan baku pembuatan  $\text{CCl}_3\text{F}$ , freon, dan teflon (**Gambar 3.10**). Senyawa  $\text{CCl}_3\text{F}$  digunakan sebagai pendingin dan bahan bakar aerosol, yang disintesis dari  $\text{CCl}_4$  dan HF dengan antimon pentafluorida sebagai katalis. Reaksinya:



Larutan HF dapat digunakan untuk mengetsa (melukis) gelas (**Gambar 3.11**).

Kegunaan utama HF yang lain adalah sebagai cairan elektrolit dalam pengolahan mineral aluminium dan untuk mengetsa gelas. Dalam etsa gelas, HF bereaksi dengan silika ( $\text{SiO}_2$ ), kemudian bereaksi dengan gelas. Reaksinya:



Silika

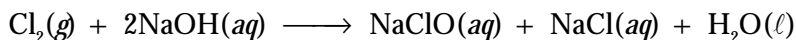


Gelas

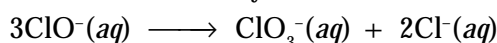
Asam heksafluorosilikat

Senyawa HCl adalah asam keempat yang penting bagi industri asam setelah asam sulfat, fosfat, dan nitrat. Asam ini digunakan untuk membersihkan permukaan logam dari oksida (disebut *pickling*) dan untuk mengekstrak bijih logam tertentu, seperti tungsten.

Dalam elektrolisis larutan NaCl, gas  $\text{Cl}_2$  yang dihasilkan pada anode dapat bereaksi dengan larutan NaOH yang dihasilkan di katode membentuk natrium hipoklorit. Reaksinya:



Larutan NaClO digunakan sebagai pemutih pada industri tekstil. Ion hipoklorit tidak stabil, dan terdisproporsionasi membentuk ion klorat,  $\text{ClO}_3^-$  dan ion klorida,  $\text{Cl}^-$ . Reaksinya:



Sumber: und.edu

**Gambar 3.10**

Polimer jenis politetrafluoroetilen (teflon) juga merupakan senyawa karbon yang mengandung gugus fluorin.



Sumber: Chemistry, 2000

**Gambar 3.11**

Larutan HF dapat digunakan untuk mengetsa (melukis) gelas.

## Aktivitas Kimia 3.2

### Penentuan Kadar NaClO dalam Produk Pemutih

#### Tujuan

Menentukan kadar NaClO dalam produk pemutih.

#### Alat

1. Labu erlenmeyer
2. Buret
3. Pipet tetes
4. Gelas ukur
5. Timbangan

#### Bahan

1. 1 g pemutih komersial
2. Air
3. Larutan kanji
4. Larutan KI 0,1 M

#### Langkah Kerja

1. Timbang 1 g pemutih komersial dan larutkan ke dalam 25 mL air.
2. Masukkan ke dalam labu erlenmeyer dan tambahkan 5 tetes larutan kanji sebagai indikator.
3. Titrasi campuran tersebut dengan larutan KI 0,1 M hingga terbentuk warna biru muda dari kompleks  $\text{I}_2$ -kanji (titik akhir titrasi).
4. Hitung berapa kadar NaClO.

### Pertanyaan

1. Mengapa diperlukan indikator untuk mengetahui titik akhir titrasi?
2. Bagaimanakah persamaan reaksi antara larutan KI dan larutan pemutih?
3. Berapakah kadar NaClO?
4. Buatlah hasil laporan per kelompok untuk percobaan ini. Kemudian, presentasikan di depan kelas.

## Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Kerapatan halogen dari atas ke bawah tabel periodik meningkat, mengapa? Jelaskan.
2. Berapakah biloks Br dalam senyawa BrF dan IBr?
3. Mengapa fluorin tidak dapat membentuk asam okso, sedangkan halogen yang lain dapat dibuat?
4. Tuliskan persamaan reaksi pembentukan gas HBr dari reaksi NaBr(s) dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.
5. Tuliskan persamaan reaksi pembentukan gas HI dari reaksi NaI(s) dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.
6. Tuliskan persamaan reaksi antara PCl<sub>5</sub> dan H<sub>2</sub>O. Berapakah bilangan oksidasi Cl dalam PCl<sub>5</sub>?
7. Gunakan model VSEPR untuk menjelaskan pasangan elektron dan struktur molekul BrF<sub>3</sub>.

## C. Unsur-Unsur Golongan Alkali

Unsur-unsur golongan IA disebut juga logam alkali. Unsur-unsur alkali merupakan logam yang sangat reaktif. Kereaktifan unsur alkali disebabkan kemudahan melepaskan elektron valensi pada kulit ns<sup>1</sup> membentuk senyawa dengan bilangan oksidasi + 1. Oleh sebab itu, unsur-unsur logam alkali tidak ditemukan sebagai logam bebas di alam, melainkan berada dalam bentuk senyawa.

### 1. Kelimpahan Unsur Logam Alkali di Alam

Sumber utama logam alkali adalah air laut. Air laut merupakan larutan garam-garam alkali dan alkali tanah dengan NaCl sebagai zat terlarut utamanya. Jika air laut diuapkan, garam-garam yang terlarut akan membentuk kristal.

Selain air laut, sumber utama logam natrium dan kalium adalah deposit mineral yang ditambang dari dalam tanah, seperti *halit* (NaCl), *silvit* (KCl), dan *karnalit* (KCl.MgCl.H<sub>2</sub>O). Mineral-mineral ini banyak ditemukan di berbagai belahan bumi.

**Tabel 3.7** Mineral Utama Logam Alkali

Unsur	Sumber Utama
Litium	Spodumen, LiAl(Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> )
Natrium	NaCl
Kalium	KCl
Rubidium	Lepidolit, Rb <sub>2</sub> (FOH) <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> (SiO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>
Cesium	Pollusit, Cs <sub>4</sub> Al <sub>4</sub> Si <sub>9</sub> O <sub>26</sub> .H <sub>2</sub> O

Pembentukan mineral tersebut melalui proses yang lama. Mineral berasal dari air laut yang menguap dan garam-garam terlarut mengendap sebagai mineral. Kemudian, secara perlahan mineral tersebut tertimbun oleh debu dan tanah sehingga banyak ditemukan tidak jauh dari pantai.

### Kata Kunci

- Deposit mineral
- Energi ionisasi kesatu

Logam alkali lain diperoleh dari mineral aluminosilikat. Litium terdapat dalam bentuk *spodumen*,  $\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$ . Rubidium terdapat dalam mineral *lepidolit*. Cesium diperoleh dari pollusit yang sangat jarang,  $\text{CsAl}(\text{SiO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Fransium bersifat radioaktif.

## 2. Sifat-Sifat Unsur Logam Alkali

Unsur-unsur alkali semuanya logam yang sangat reaktif dengan sifat-sifat fisika ditunjukkan pada **Tabel 3.8**. Logam alkali sangat reaktif dalam air. Oleh karena tangan kita mengandung air, logam alkali tidak boleh disentuh langsung oleh tangan.

**Tabel 3.8** Sifat-Sifat Fisika Logam Alkali

Sifat-Sifat	Li	Na	K	Rb	Cs
Titik leleh ( $^{\circ}\text{C}$ )	181	97,8	63,6	38,9	28,4
Titik didih ( $^{\circ}\text{C}$ )	1347	883	774	688	678
Massa jenis ( $\text{g cm}^{-3}$ )	0,53	0,97	0,86	1,53	1,88
Keelektronegatifan	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7
Jari-jari ion ( $\text{\AA}$ )	0,9	1,7	1,5	1,67	1,8

Sumber: *General Chemistry*, 1990

Semua unsur golongan IA berwarna putih keperakan berupa logam padat, kecuali cesium berwujud cair pada suhu kamar. Natrium merupakan logam lunak dan dapat dipotong dengan pisau. Kalium lebih lunak dari natrium.

Pada **Tabel 3.8** tampak bahwa logam litium, natrium, dan kalium mempunyai massa jenis kurang dari  $1,0 \text{ g cm}^{-3}$ . Akibatnya, logam tersebut terapung dalam air (**Gambar 3.12a**). Akan tetapi, ketiga logam ini sangat reaktif terhadap air dan reaksinya bersifat eksplosif disertai nyala.

**Gambar 3.12**

- (a) Logam litium terapung di air karena massa jenisnya lebih kecil dari air.  
 (b) Logam natrium harus disimpan dalam minyak tanah.



(a) (b)

Sumber: *Sougou Kagashi*

Sifat-sifat fisika logam seperti lunak dengan titik leleh rendah menjadi petunjuk bahwa ikatan logam antaratom dalam alkali sangat lemah. Ini akibat jari-jari atom logam alkali relatif besar dibandingkan unsur-unsur lain dalam satu periode. Penurunan titik leleh dari litium ke cesium disebabkan oleh jari-jari atom yang makin besar sehingga mengurangi kekuatan ikatan antaratom logam.

Logam-logam alkali merupakan reduktor paling kuat, seperti ditunjukkan oleh potensial reduksi standar yang negatif.

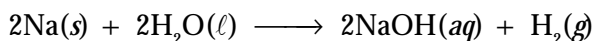
**Tabel 3.9** Potensial Reduksi Standar Logam Alkali

Logam Alkali	Li	Na	K	Rb	Cs
Potensial reduksi (V)	-3,05	-2,71	-2,93	-2,99	-3,02

Sumber: *General Chemistry*, 1990

Keelektronegatifan logam alkali pada umumnya rendah (cesium paling rendah), yang berarti logam tersebut cenderung membentuk kation. Sifat ini juga didukung oleh energi ionisasi pertama yang rendah, sedangkan energi ionisasi kedua sangat tinggi sehingga hanya ion dengan biloks +1 yang dapat dibentuk oleh logam alkali.

Semua logam alkali dapat bereaksi dengan air. Reaksinya melibatkan pergantian hidrogen dari air oleh logam membentuk suatu basa kuat disertai pelepasan gas hidrogen.



Kereaktifan logam alkali terhadap air menjadi sangat kuat dari atas ke bawah dalam tabel periodik. Sepotong logam litium jika dimasukkan ke dalam air akan bergerak di sekitar permukaan air disertai pelepasan gas  $\text{H}_2$ . Kalium bereaksi sangat dahsyat disertai ledakan dan nyala api berwarna ungu.

Dalam udara terbuka, logam alkali bereaksi dengan oksigen membentuk oksida. Litium membentuk  $\text{Li}_2\text{O}$ , natrium membentuk  $\text{Na}_2\text{O}$ , tetapi produk yang dominan adalah natrium peroksida ( $\text{Na}_2\text{O}_2$ ).

Jika kalium dibakar dengan oksigen, produk dominan adalah kalium superoksida ( $\text{K}_2\text{O}$ ), suatu senyawa berwarna kuning-jingga. Oksida ini merupakan senyawa ion dari ion  $\text{K}^+$  dan ion  $\text{O}_2^-$ .

Logam alkali bereaksi dengan halogen membentuk garam halida. Pada suhu tinggi, logam alkali bereaksi dengan hidrogen membentuk senyawa hidrida, seperti  $\text{LiH}$  dan  $\text{NaH}$ . Di udara terbuka, litium dapat bereaksi dengan gas nitrogen, sedangkan logam lainnya tidak dapat bereaksi.

Jika logam alkali atau senyawanya dibakar dalam nyala bunsen, akan tampak warna yang khas untuk setiap logam alkali. Warna-warna tersebut menjadi petunjuk adanya logam alkali di dalam suatu sampel. Untuk membuktikan warna nyala logam alkali, Anda dapat melakukan penyelidikan pada **Aktivitas Kimia 3.3**.

## Kata Kunci

- Massa jenis logam alkali
- Reduktor kuat



Sumber: *Chemistry: The Molecular Science*, 1997

**Gambar 3.13**

Penerangan di jalan raya biasanya menggunakan lampu natrium.



## Aktivitas Kimia 3.3

### Uji Nyala Logam Alkali

#### Tujuan

Untuk membuktikan warna nyala logam alkali.

#### Alat

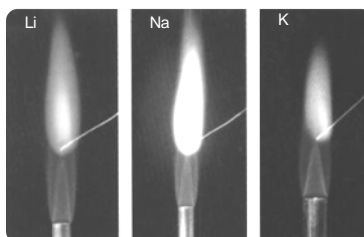
1. Pembakar bunsen
2. Kawat nikromium

#### Bahan

1. Larutan jenuh  $\text{NaCl}$
2. Larutan  $\text{LiCl}$
3. Larutan  $\text{KCl}$

#### Langkah Kerja

1. Siapkan tiga kawat nikromium dan pembakar bunsen.
2. Celupkan setiap kawat nikromium ke dalam masing-masing larutan  $\text{NaCl}$ ,  $\text{LiCl}$ , dan  $\text{KCl}$ .
3. Amati warna masing-masing kawat yang dihasilkan.



### Data Pengamatan

Logam	Logam
Li	
Na	
K	

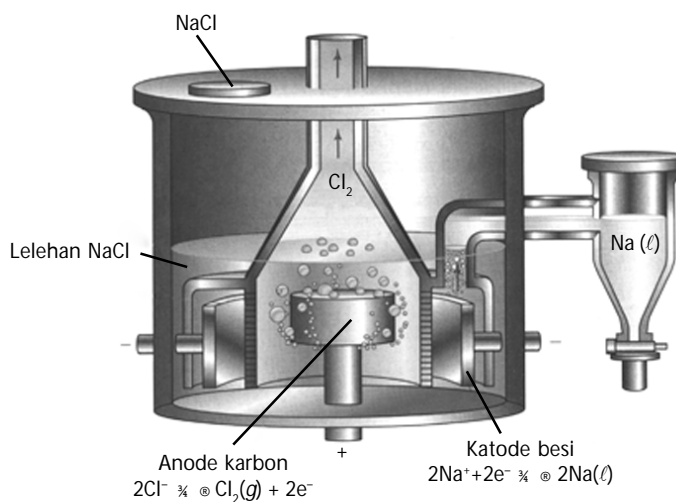
### Pertanyaan

1. Warna apakah yang tampak pada kawat nikromium yang dicelupkan larutan NaCl?
2. Warna apakah yang tampak pada kawat nikromium yang dicelupkan larutan LiCl?
3. Warna apakah yang tampak pada kawat nikromium yang dicelupkan larutan KCl?

Jika muatan listrik dilewatkan ke dalam uap natrium akan terpancar sinar kuning yang terang. Oleh karena nyalanya yang terang, uap natrium dipakai sebagai pengisi lampu penerang jalan raya atau kendaraan. Disamping itu, nyala lampu natrium dapat menembus kabut.

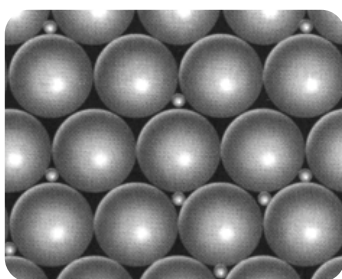
### 3. Pembuatan dan Kegunaan Unsur Logam Alkali

Logam natrium dan litium dibuat dengan cara elektrolisis lelehan garamnya. Logam natrium kali pertama dibuat pada tahun 1807 oleh **Humpry Davy** melalui elektrolisis lelehan NaOH. Cara ini merupakan metode pembuatan logam natrium di industri (lihat **Gambar 3.14**).



Sumber: Chemistry, 2000

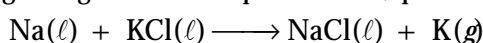
**Gambar 3.14**  
Perangkat elektrolisis lelehan NaCl pada pembuatan logam alkali



Sumber: Chemistry, 2000

**Gambar 3.15**  
Model paduan logam Li-Al  
Identifikasikan oleh Anda mana logam litium dan yang mana logam aluminium.

Oleh karena elektrolisis di atas diperlukan suhu tinggi sekitar 800°C untuk melelehkan garam NaCl maka untuk menurunkan suhu titik lelehnya bahan baku dicampur CaCl<sub>2</sub> membentuk campuran NaCl-CaCl<sub>2</sub>. Penambahan CaCl<sub>2</sub> ke dalam NaCl dapat menurunkan titik leleh NaCl hingga sekitar 580°C. Demikian juga litium diperoleh dari elektrolisis lelehan campuran LiCl-KCl. Kalium lebih mudah dibuat melalui reduksi kimia daripada melalui elektrolisis KCl. Secara komersial, lelehan KCl direaksikan dengan logam natrium pada 870°C, persamaan reaksinya:

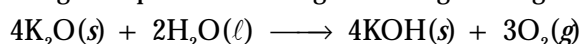


Uap kalium meninggalkan reaktor yang selanjutnya dikondensasi.

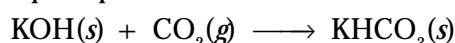
Sejumlah besar natrium digunakan dalam pembuatan senyawa Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan NaNH<sub>2</sub>. Oleh karena natrium merupakan zat pereduksi kuat, logam natrium sering digunakan pada pembuatan logam lain seperti titan dan sintesis beberapa senyawa organik.

Logam penting lainnya adalah litium, berguna sebagai paduan Li–Al. Paduan logam ini sangat ringan sehingga banyak digunakan untuk membuat kerangka pesawat terbang dan material lainnya. Kegunaan dari logam litium adalah sebagai anode pada baterai. Hal ini dimungkinkan karena litium memiliki massa jenis rendah dan potensial reduksi standarnya sangat negatif.

Sejumlah kecil kalium diproduksi untuk membuat  $K_2O$  yang digunakan dalam masker gas dengan sistem tertutup (lihat **Gambar 3.16**). Kelebihan dari masker ini adalah uap hasil pernapasan ( $CO_2 + H_2O$ ) bereaksi dengan superoksida menghasilkan gas oksigen.



Kalium hidroksida yang dihasilkan dalam reaksi ini mengikat karbon dioksida dari hasil pernapasan.



Sumber: lhsc.on.ca

#### 4. Pembuatan dan Kegunaan Senyawa Alkali

Senyawa alkali banyak dimanfaatkan, terutama dalam industri dan rumah tangga. Beberapa kegunaan senyawa alkali dijabarkan dalam **Tabel 3.10**.

**Tabel 3.10** Kegunaan Senyawa Alkali

Sifat	Kegunaan
$Li_2CO_3$	Produksi aluminium Pembuatan LiOH
LiOH	Pabrik sabun litium untuk pelumas
LiH	Pereduksi pada sintesis organik Pembuatan antihistamin dan obat-obatan
NaCl	Sumber Na dan NaCl Bumbu, dan penyedap makanan
NaOH	Pabrik sabun (mengendapkan sabun dari campuran reaksi) Industri pulp dan kertas Ekstraksi oksida aluminium
$Na_2CO_3$	Pabrik rayon viskosa Pemurnian minyak bumi Pabrik sabun Pabrik gelas Digunakan dalam detergen dan <i>softener</i>
$Na_2O_2$	Pemutih tekstil
$NaNH_2$	Pembuatan celupan indigo untuk <i>blue jeans</i> denim
KCl	Pupuk
KOH	Pabrik sabun lunak
$K_2CO_3$	Pabrik gelas
$KNO_3$	Pupuk dan bahan peledak

Sumber: General Chemistry, 1990

Litium karbonat adalah garam yang kurang larut, diperoleh dari pengolahan bijih litium. Garam ini digunakan untuk membuat LiOH. Kalsium hidroksida bereaksi dengan litium karbonat mengendapkan kalsium karbonat, dan meninggalkan larutan LiOH.

#### Contoh 3.2

##### Pembuatan Unsur Alkali

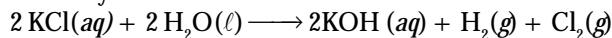
Tunjukkan dengan persamaan kimia, bagaimana  $KNO_3$  (kalium nitrat) dapat dibuat dari KCl (kalium klorida) dan asam nitrat dalam dua tahap.

**Gambar 3.16**

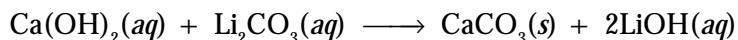
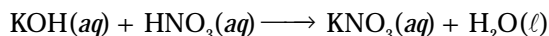
Masker  $K_2O$  dengan sistem tertutup

### Jawab

Kalium hidroksida dibuat secara komersial dari kalium klorida dengan cara elektrolisis larutannya.

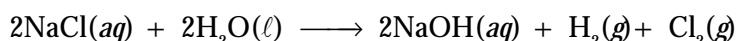


Jika larutan kalium hidroksida dari hasil elektrolisis dinetralkan dengan asam nitrat:



LiOH digunakan pada pabrik sabun litium untuk pelumas.

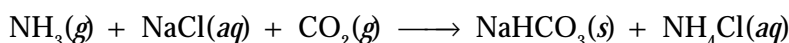
Natrium klorida merupakan sumber logam natrium dan bahan baku senyawa natrium lainnya. Senyawa NaOH diproduksi melalui elektrolisis larutan natrium klorida. Reaksi total sel elektrolisis adalah



Natrium hidroksida merupakan basa kuat dan memiliki banyak aplikasi penting dalam proses kimia. Sejumlah besar NaOH digunakan untuk membuat kertas, memisahkan aluminium oksida, dan penyulingan minyak bumi.

Senyawa  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (*soda ash*) dipakai pada pembuatan gelas. Senyawa  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  dipakai sebagai pelunak air sadah yang ditambahkan ke dalam pembuatan sabun.

Natrium karbonat dibuat melalui *proses solvay*, yaitu metode pembuatan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dari NaCl,  $\text{NH}_3$ , dan  $\text{CO}_2$ . Dalam proses solvay:  $\text{NH}_3$  dilarutkan ke dalam larutan jenuh NaCl, kemudian gas  $\text{CO}_2$  dihembuskan ke dalam larutan hingga terbentuk endapan  $\text{NaHCO}_3$  (baking soda). Reaksi total:



Endapan  $\text{NaHCO}_3$  disaring, dicuci, kemudian dipanaskan sekitar  $175^\circ\text{C}$ , dan  $\text{NaHCO}_3$  terurai menjadi natrium karbonat.



Kalium klorida merupakan senyawa kalium penting. Lebih dari 90% KCl digunakan dalam pupuk, sebab ion kalium berfungsi sebagai nutrisi bagi tanaman. Secara berkala, KCl digunakan untuk membuat kalium dan senyawa kalium yang lain. Kalium hidroksida diperoleh dari elektrolisis larutan KCl.

### Kata Kunci

- Elektrolisis
- Proses *solvay*

### Tes Kompetensi Subbab C

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Mengapa unsur logam alkali tidak terdapat bebas di alam? Jelaskan.
2. Mengapa titik leleh unsur logam alkali berkurang dari atas ke bawah dalam tabel periodik? Jelaskan.
3. Tuliskan persamaan reaksi dari oksidasi litium dan natrium.
4. Tuliskan persamaan reaksi dalam proses elektrolisis lelehan NaCl untuk memperoleh logamnya.
5. Litium bereaksi dengan asetilen dalam amonia cair menghasilkan litium asetilida ( $\text{LiC}\equiv\text{CH}$ ) dan gas hidrogen. Tuliskan persamaan kimia setara untuk reaksi ini. Apakah jenis reaksinya?
6. Ramalkan hasil dari reaksi berikut.
  - a.  $\text{Li}_3\text{N}(s)$  dan  $\text{H}_2\text{O}(\ell)$
  - b.  $\text{K}_2\text{O}(s)$  dan  $\text{H}_2\text{O}(\ell)$
7. Tuliskan persamaan kimia yang menyatakan reaksi logam alkali dengan gas hidrogen membentuk alkali hidrida.

## D. Unsur-Unsur Golongan Alkali Tanah

Unsur-unsur golongan IIA disebut juga alkali tanah sebab unsur tersebut bersifat basa dan banyak ditemukan dalam mineral tanah. Logam alkali tanah umumnya reaktif, tetapi kurang reaktif jika dibandingkan dengan logam alkali.



**Gambar 3.17**  
Unsur-unsur logam alkali tanah

Sumber: Sougou Kagashi

### 1. Kelimpahan Unsur Logam Alkali Tanah

Di alam unsur-unsur alkali tanah terdapat dalam bentuk senyawa. Magnesium dan kalsium terdapat dalam batuan silikat dan aluminosilikat sebagai kationiknya. Oleh karena kation-kation dalam silikat itu larut dalam air dan terbawa oleh air hujan ke laut maka ion-ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  banyak ditemukan di laut, terutama pada kulit kerang sebagai  $\text{CaCO}_3$ .

Kulit kerang dan hewan laut lainnya yang mati berakumulasi membentuk deposit batu kapur. Magnesium dalam air laut bereaksi dengan sedimen kalsium karbonat menjadi *dolomit*,  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ .

Mineral utama berilium adalah *beril*,  $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$  (lihat **Gambar 3.18**), mutiara dari jenis *aquamarin* (biru terang), dan *emerald* (hijau tua). Stronsium terdapat dalam *celestit*,  $\text{SrSO}_4$ , dan *stronsianat*,  $\text{SrCO}_3$ . Barium ditemukan dalam *barit*,  $\text{BaSO}_4$ , dan *witerit*,  $\text{BaCO}_3$ . Radium terdapat dalam jumlah kecil pada bijih uranium, sebagai unsur radioaktif.



Sumber: Introductory Chemistry, 1997

**Gambar 3.18**  
Mineral beril,  $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$

### 2. Sifat-Sifat Unsur Logam Alkali Tanah

Kalsium, stronsium, barium, dan radium membentuk senyawa ion bermuatan +2. Magnesium kadang-kadang bersifat kovalen dan berilium lebih dominan kovalen. Sifat-sifat golongan alkali tanah ditunjukkan pada **Tabel 3.11**.

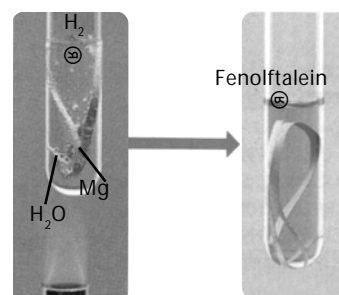
**Tabel 3.11** Sifat-Sifat Fisika dan Kimia Unsur-Unsur Golongan Alkali Tanah

Sifat-Sifat	Be	Mg	Ca	Sr	Ba
Titik leleh ( $^{\circ}\text{C}$ )	1.278	649	839	769	725
Titik didih ( $^{\circ}\text{C}$ )	2.970	1.090	1.484	1.384	1.640
Massa jenis ( $\text{g cm}^{-3}$ )	1,85	1,74	1,54	2,6	3,51
Keelektronegatifan	1,5	1,2	1,0	1,0	0,9
Jari-jari ion ( $\text{\AA}$ )	0,89	1,36	1,74	1,92	1,98
Potensial reduksi standar (V)	-1,70	-2,38	-2,76	-2,89	-2,90

Sumber: General Chemistry, 1990

Kekerasan logam alkali tanah berkurang dari atas ke bawah akibat kekuatan ikatan antaratom menurun. Hal ini disebabkan jarak antaratom pada logam alkali tanah bertambah panjang.

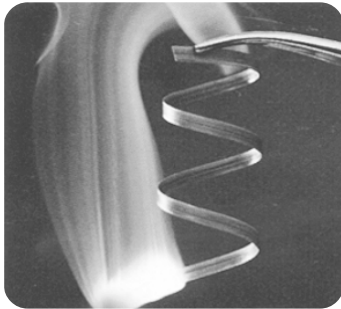
Berilium merupakan logam berwarna abu dan kekerasannya mirip dengan besi, serta cukup kuat untuk menggores kaca. Logam alkali tanah yang lain umumnya berwarna perak dan lebih lunak dari berilium, tetapi lebih keras jika dibandingkan dengan logam alkali.



Sumber: Sougou Kagashi

**Gambar 3.19**  
Magnesium dengan air dapat bereaksi dalam keadaan panas.





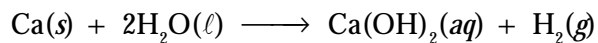
Sumber: Chemistry, 2002

**Gambar 3.20**

Magnesium jika dibakar akan mengeluarkan cahaya sangat terang.

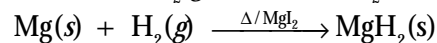
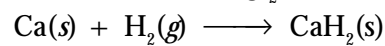
Titik leleh dan titik didih logam alkali menurun dari atas ke bawah dalam sistem periodik. Hal ini disebabkan oleh jari-jari atom yang bertambah panjang. Energi ionisasi kedua dari unsur-unsur golongan IIA relatif rendah sehingga mudah membentuk kation +2. Akibatnya, unsur-unsur cukup reaktif. Kereaktifan logam alkali meningkat dari atas ke bawah dalam sistem periodik.

Pada suhu kamar, berilium tidak bereaksi dengan air, magnesium bereaksi agak lambat dengan air, tetapi lebih cepat dengan uap air. Adapun kalsium dan logam alkali tanah yang di bawahnya bereaksi dengan air pada suhu kamar. Reaksinya:

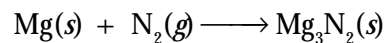


Logam alkali tanah bereaksi dengan oksigen membentuk oksida. Barium dapat membentuk peroksida. Barium peroksida terbentuk pada suhu rendah dan terurai menjadi oksida pada 700°C.

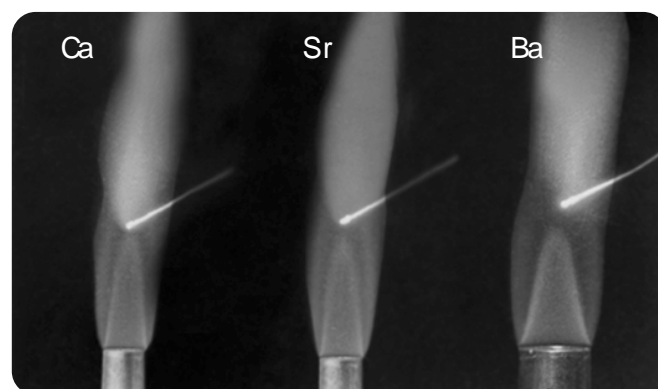
Kalsium, stronsium, dan barium bereaksi dengan hidrogen membentuk logam hidrida. Adapun magnesium dapat bereaksi dengan hidrogen pada tekanan tinggi dengan bantuan katalis  $\text{MgI}_2$ .



Semua unsur alkali tanah bereaksi langsung dengan halogen membentuk halida, dengan nitrogen dapat membentuk nitrida pada suhu tinggi, misalnya magnesium nitrida:



Pembakaran unsur-unsur alkali tanah atau garamnya dalam nyala bunsen dapat memancarkan spektrum warna khas. Stronsium berwarna krimson, barium hijau-kuning, dan magnesium putih terang.



Sumber: Sougou Kagashi

**Gambar 3.21**

Nyala logam alkali tanah



Sumber: Sougou Kagashi

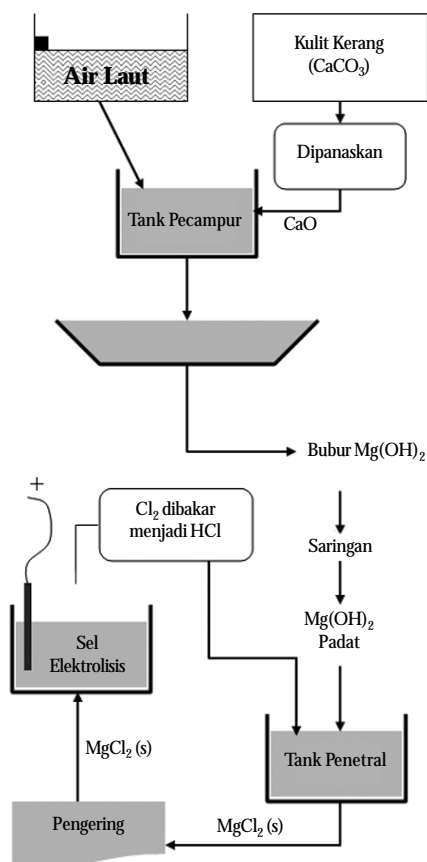
**Gambar 3.22**

Oleh karena garam-garam alkali tanah menghasilkan nyala beraneka warna, sering dipakai sebagai bahan untuk membuat kembang api.

### 3. Pembuatan dan Kegunaan Unsur Logam Alkali Tanah

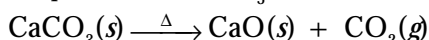
Logam-logam alkali tanah diproduksi melalui proses elektrolisis lelehan garam halida (biasanya klorida) atau melalui reduksi halida atau oksida. Magnesium diproduksi melalui elektrolisis lelehan  $\text{MgCl}_2$ . Air laut mengandung sumber ion  $\text{Mg}^{2+}$  yang tidak pernah habis. Rumah tiram yang banyak terdapat di laut mengandung kalsium karbonat sebagai sumber kalsium.

Pembuatan logam magnesium dari air laut telah dikembangkan oleh berbagai industri kimia seperti ditunjukkan pada **Gambar 3.23**.

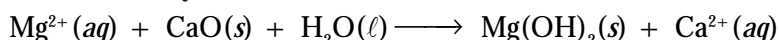


**Gambar 3.23**  
Pembuatan logam magnesium dari air laut

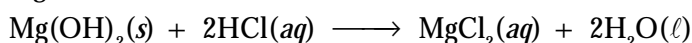
Jika rumah tiram dipanaskan,  $\text{CaCO}_3$  terurai membentuk oksida:



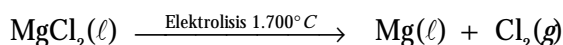
Penambahan  $\text{CaO}$  ke dalam air laut dapat mengendapkan magnesium menjadi hidroksidanya:



Selanjutnya,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  disaring dan diolah dengan asam klorida menjadi magnesium klorida.



Setelah kering, garam  $\text{MgCl}_2$  dilelehkan dan dielektrolisis:



Magnesium dapat juga diperoleh dari penguraian magnesit dan dolomit membentuk  $\text{MgO}$ . Kemudian, direduksi dengan ferrosilikon (paduan besi dan silikon).

Logam magnesium banyak digunakan sebagai paduan dengan aluminium, bertujuan untuk meningkatkan kekerasan dan daya tahan terhadap korosi. Oleh karena massa jenis paduan  $\text{Mg-Al}$  ringan maka paduan tersebut sering digunakan untuk membuat kerangka pesawat terbang atau beberapa bagian kendaraan.

Sejumlah kecil magnesium digunakan sebagai reduktor untuk membuat logam lain, seperti berilium dan uranium. Lampu *blitz* pada kamera analog menggunakan kawat magnesium berisi gas oksigen menghasilkan kilat cahaya putih ketika logam tersebut terbakar.



Sumber: Sougou Kagashi

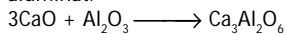
**Gambar 3.24**  
Kulit kerang/tiram merupakan sumber kalsium.

### Kata Kunci

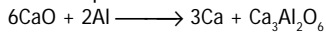
- Kekerasan logam alkali tanah
- Energi ionisasi kedua
- Reduktor

## Catatan

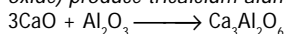
Kalsium oksida (oksida basa) bereaksi dengan aluminium oksida (oksida amfoter) menghasilkan trikalsium aluminat.



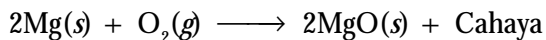
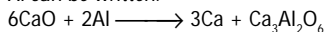
Oleh sebab itu, reaksi keseluruhan CaO dan Al dapat ditulis:



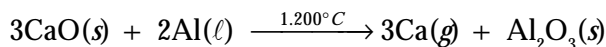
*Calcium oxide (alkaline oxide) reacts with aluminium oxide (amphoteric oxide) produce tricalcium aluminat.*



*Therefore, the whole reaction of CaO and Al can be written:*

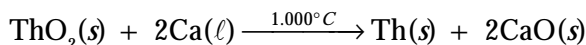


Kalsium dibuat melalui elektrolisis lelehan  $\text{CaCl}_2$ , juga dapat dibuat melalui reduksi CaO oleh aluminium dalam udara vakum. Kalsium yang dihasilkan dalam bentuk uap sehingga dapat dipisahkan.

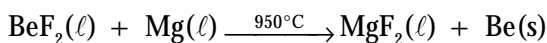


Jika logam kalsium dipadukan dengan timbel akan menghasilkan paduan yang cukup keras, digunakan sebagai elektrode pada *accu*. Elektrode ini tahan terhadap elektrolisis air selama proses isi-ulang, sehingga *accu* dapat diperbarui.

Kalsium juga digunakan sebagai zat pereduksi dalam pembuatan beberapa logam yang kurang umum, seperti thorium.



Berilium diperoleh dari elektrolisis berilium klorida,  $\text{BeCl}_2$ . Natrium klorida ditambahkan untuk meningkatkan daya hantar listrik lelehan  $\text{BeCl}_2$ . Selain itu, berilium juga dapat dibuat melalui reduksi garam fluoridanya oleh logam magnesium.



Berilium merupakan logam mahal. Ini disebabkan manfaatnya tinggi. Jika sejumlah kecil tembaga ditambahkan ke dalam berilium, akan menghasilkan paduan yang kerasnya sama dengan baja.

Adapun, barium dihasilkan melalui reduksi oksidanya oleh aluminium. Walaupun stronsium sangat sedikit digunakan secara komersial, stronsium dapat diproduksi melalui proses yang serupa.

## 4. Pembuatan dan Kegunaan Senyawa Alkali Tanah

Senyawa logam alkali tanah dengan beberapa aplikasinya dalam industri dan rumah tangga dipaparkan dalam **Tabel 3.12**.

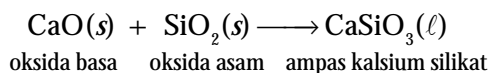
**Tabel 3.12** Manfaat Senyawa Logam Alkali Tanah

Senyawa	Kegunaan
MgO	Bata tahan api (tungku), dan makanan hewan
Mg(OH) <sub>2</sub>	Sumber magnesium untuk logam dan senyawa, susu magnesia
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	Pupuk, obat-obatan (analgesik), dan pabrik pencelupan
CaO	Pabrik baja, dan pengolahan air
CaCO <sub>3</sub>	Mortar
CaSO <sub>4</sub>	Lapisan kertas, pengisi, dan antasid
Ca(HPO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Plester, dinding, semen, dan pupuk
BaSO <sub>4</sub>	Pigmen cat, minyak, dan penggiling lumpur

Sumber: *General Chemistry*, 1990

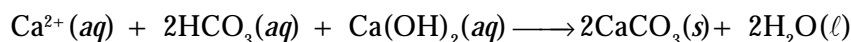
Mineral kalsium karbonat dan kulit kerang adalah sumber komersial sangat murah dan melimpah di alam. Jika dipanaskan hingga  $900^\circ\text{C}$ , karbonat terurai melepaskan karbon dioksida dan menghasilkan kalsium oksida, yang secara komersial dikenal sebagai kapur tohor.

Kapur tohor digunakan pada pembuatan baja. Penambahan zat tersebut ke dalam lelehan besi yang mengandung silikat akan bereaksi dengan silikat membentuk ampas yang mengapung pada permukaan lelehan besi. Reaksinya tergolong asam-basa Lewis:



Kalsium hidroksida,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  digunakan sebagai bahan pengisi pada pembuatan kertas, dan untuk membuat gigi buatan bersama-sama senyawa fluorin.

Senyawa  $\text{CaO}$  dan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  digunakan untuk melunakkan air sadah. Jika air sadah yang mengandung  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  diolah dengan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , semua ion kalsium diendapkan sebagai kalsium karbonat.



Senyawa  $\text{MgCO}_3$  jika dipanaskan di atas  $1.400^\circ\text{C}$ , akan menjadi  $\text{MgO}$  yang bersifat agak *inert*.  $\text{MgO}$  digunakan untuk membuat bata tahan api (tungku pirolisis). Jika  $\text{MgO}$  dibuat pada suhu lebih sekitar  $700^\circ\text{C}$ , akan diperoleh serbuk oksida yang larut dalam asam dan digunakan sebagai aditif makanan hewan, merupakan sumber ion  $\text{Mg}^{2+}$  dalam nutrisi.

Senyawa penting dari barium adalah  $\text{BaSO}_4$ . Senyawa ini digunakan pada penggilingan minyak dalam bentuk bubuk, berfungsi sebagai perekat gundi penggilingan.  $\text{BaSO}_4$  juga tidak dapat ditembus sinar-X sehingga senyawa ini digunakan untuk diagnosa sinar-X (**Gambar 3.25**). Senyawa barium yang larut dalam air tidak dapat digunakan sebab bersifat racun, tetapi suspensi  $\text{BaSO}_4$  yang terdapat sebagai ion barium, racunnya dapat diabaikan.

**Tabel 3.13** Daftar Kelarutan Senyawa Alkali Tanah di Dalam Air

	Hidroksida	Karbonat	Sulfat
<b>Be</b>	Tidak larut	–	Larut
<b>Mg</b>	Tidak larut	Sedikit larut	Larut
<b>Ca</b>	Sedikit larut	Tidak larut	Sedikit
<b>Sr</b>	Larut	Tidak larut	Tidak
<b>Ba</b>	Larut	Tidak larut	Tidak

Sumber: *General Chemistry*, 1990

### Contoh 3.3

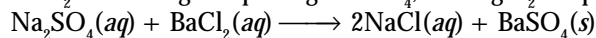
#### Mengidentifikasi Senyawa Logam Alkali Tanah

Melalui uji kimia, bagaimanakah membedakan antara  $\text{MgCl}_2$  dan  $\text{BaCl}_2$ ?

#### Jawab

Berdasarkan kelarutannya dalam air, diketahui bahwa  $\text{MgSO}_4$  larut dalam air, sedangkan  $\text{BaSO}_4$  tidak larut.

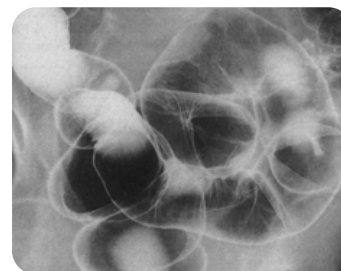
Oleh sebab itu, jika  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ditambahkan ke dalam larutan  $\text{BaCl}_2$  dan  $\text{MgCl}_2$  maka  $\text{BaCl}_2$  akan mengendap sebagai  $\text{BaSO}_4$ , dan  $\text{MgCl}_2$  tetap di dalam larutannya.



## Tes Kompetensi Subbab D

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

- Berdasarkan pada sifat-sifatnya, manakah di antara unsur logam alkali tanah yang dapat dihidrolisis?
- Terangkan bagaimana melunakkan air sadah yang mengandung ion kalsium agar dapat digunakan dalam ketel uap?
- Persentase kapur,  $\text{CaCO}_3$  dalam suatu cuplikan ditentukan dengan cara pelarutan sampel ke dalam asam kuat, menghasilkan endapan  $\text{Ca}^{2+}$  sebagai  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ , dan titrasi  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  menggunakan  $\text{KMnO}_4$  dalam suasana asam. Tuliskan persamaan kimia untuk proses tersebut.



Sumber: *Sougou Kagashi*

**Gambar 3.25**

Fotografi sinar-X pada usus manusia menggunakan senyawa  $\text{BaSO}_4$ .

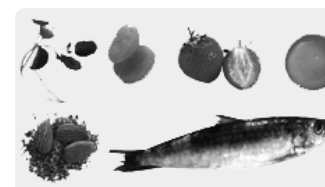
## Sekilas Kimia



### Unsur Kelumit

Manusia membutuhkan diet (pola makanan) yang seimbang agar tetap sehat. Sejumlah kecil dari banyak unsur sangat penting bagi proses kimia yang terjadi di dalam tubuh kita. Untuk menghindari kekurangan unsur-unsur ini, makanan utama, seperti nasi dan roti sering ditambah dengan makanan-makanan lain (makanan tambahan).

Makanan dari laut, seperti rumput laut dan ikan, merupakan sumber makanan yang kaya dengan kalsium dan *iodium*. Kacang-kacangan dan biji-bijian juga kaya dengan kalsium. Kalsium dapat memelihara kesehatan tulang dan gigi. Kuning telur merupakan sumber sulfur, natrium, dan seng yang baik.



Sumber: *Jendela IPTEK: Kimia*, 1997

## E. Aluminium dan Senyawanya

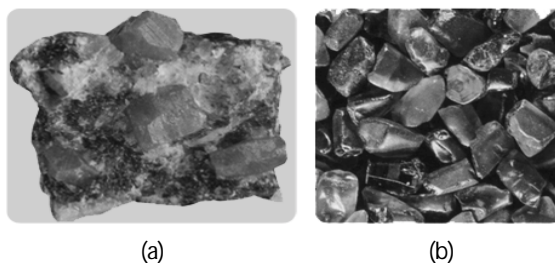
Aluminium berada dalam golongan IIIA pada sistem periodik dengan elektron valensi  $ns^2 np^1$ , dan bilangan oksidasi +3. Aluminium pada umumnya membentuk senyawa kovalen. Senyawa ion aluminium sangat terbatas, misalnya  $AlF_3$ .

### 1. Kelimpahan Aluminium di Alam

Aluminium merupakan unsur dengan kelimpahan pada urutan ketiga dalam kerak bumi (setelah oksigen dan silikon). Aluminium terutama terdapat dalam mineral *aluminosilikat* yang ditemukan berasal dari batuan kulit bumi. Akibat perubahan alam, batuan ini membentuk lempung yang mengandung aluminium.

Setelah melalui proses alam yang panjang dan lama, lempung tersebut menghasilkan deposit *bauksit*, suatu bijih aluminium yang mengandung  $AlO(OH)$  dan  $Al(OH)_3$  dalam berbagai komposisi.

*Corundum* adalah mineral keras yang mengandung aluminium oksida,  $Al_2O_3$ . Oksida aluminium murni tidak berwarna, tetapi akibat adanya pengotor dapat menghasilkan berbagai warna. Contohnya seperti pada **Gambar 3.26**, *safir* berwarna biru dan *ruby* berwarna merah tua.



**Gambar 3.26**

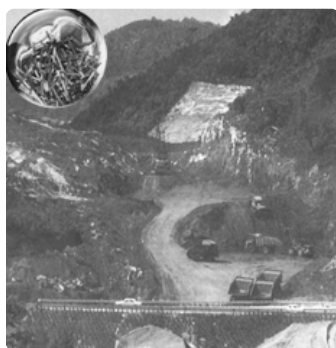
(a) Ruby berwarna biru.  
(b) Safir berwarna merah tua.

Sumber: *Chemistry*, 2000



### Sekilas Kimia

#### Bauksit sebagai Sumber Aluminium



Sumber: *Jendela Iptek: Kimia*, 2000

Aluminium merupakan logam yang sulit diekstraksi dari bijihnya. Aluminium dihasilkan dari elektrolisis lelehan bauksit.

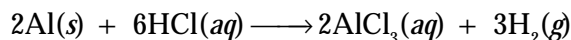
Di Indonesia, Bauksit termasuk dari 10% komoditi ekspor yang berkaitan dengan pertambangan. Total produksi bauksit Indonesia sebanyak 1.160.000 ton per tahun.

Sumber: *Encarta: Reference Library*, 2005

### 2. Sifat-Sifat Unsur Aluminium

Berdasarkan potensial reduksi standar ( $E^\circ = -1,66$ ), aluminium mudah teroksidasi menjadi aluminium oksida,  $Al_2O_3$ . Oksida ini membentuk lapisan tipis pada permukaan aluminium dan bersifat *inert* terhadap oksidasi sehingga lapisan oksida ini mampu mencegah terjadinya oksidasi berkelanjutan (pasivasi).

Aluminium dapat bereaksi secara langsung dengan halogen membentuk aluminium halida disertai pelepasan gas hidrogen.



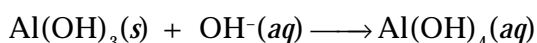
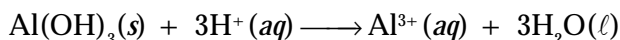
Dengan asam nitrat, aluminium tidak bereaksi karena ada lapisan oksida yang tahan terhadap asam nitrat.

**Tabel 3.14** Sifat Fisika dan Kimia Aluminium

Sifat-Sifat	Aluminium
Titik leleh ( $^{\circ}C$ )	660
Titik didih ( $^{\circ}C$ )	2467
Massa jenis ( $g\text{cm}^{-3}$ )	2,70
Keelektronegatifan	1,5
Jari-jari ion ( $\text{\AA}$ )	0,68
Jari-jari kovalen ( $\text{\AA}$ )	1,25
Potensial reduksi (V)	1,66

Sumber: *General Chemistry*, 1990

Aluminium hidroksida larut dalam asam membentuk ion  $\text{Al}^{3+}$ , dan dalam basa berlebih membentuk ion aluminat,  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ .



Dengan demikian, aluminium hidroksida adalah suatu amfoter.



## Aktivitas Kimia 3.5

### Identifikasi Sifat Amfoter Aluminium

#### Tujuan

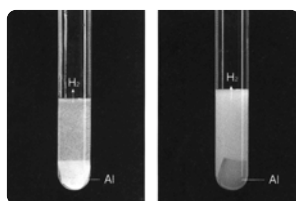
Membuktikan sifat amfoter dari aluminium.

#### Alat

1. Gelas kimia
2. Tabung reaksi
3. Gelas ukur
4. Kertas saring

#### Bahan

1.  $\text{AlCl}_3$  0,1M
2. NaOH 0,5 M dan 1 M
3. HCl 1M



#### Langkah Kerja

1. Masukkan 25 mL  $\text{AlCl}_3$  0,1 M ke dalam gelas kimia.
2. Tambahkan NaOH 0,5 M sampai terbentuk endapan. Kemudian, kocok.
3. Saring endapan yang terbentuk. Masukkan ke dalam dua tabung reaksi masing-masing 1 g.
4. Tambahkan 3 mL larutan HCl 1 M ke dalam tabung 1.
5. Tambahkan 3 mL larutan NaOH 1 M ke dalam tabung 2.
6. Amati kedua tabung tersebut.

#### Pertanyaan

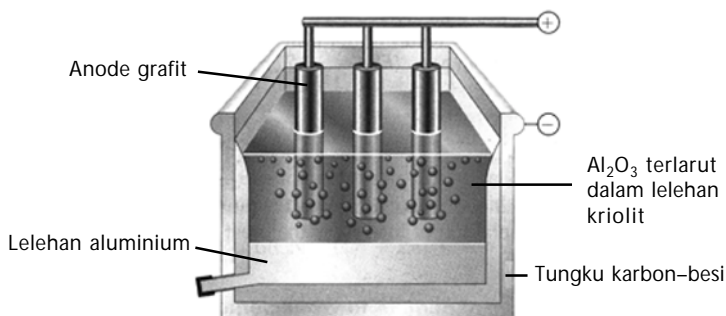
1. Tuliskan semua persamaan reaksi yang terjadi.
2. Bagaimanakah bentuk endapan hasil reaksi  $\text{AlCl}_3$  dan NaOH?
3. Reaksi apakah yang terjadi antara HCl dan endapan; NaOH dan endapan?
4. Apakah yang dapat Anda simpulkan dari percobaan ini? Diskusikan dengan teman kelompok Anda. Kemudian, presentasikan di depan kelas.

### Kata Kunci

- Amfoter
- Pasivasi
- Proses Hall-Heroult

### 3. Pembuatan dan Kegunaan Unsur/Senyawa Aluminium

Aluminium dibuat melalui proses **Hall-Héroult**, suatu metode komersial pembuatan aluminium melalui elektrolisis aluminium oksida yang dilarutkan dalam lelehan *kriolit*,  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ . Campuran kriolit dielektrolisis pada suhu sekitar  $950^\circ\text{C}$ . Sel elektrolisis ditunjukkan pada **Gambar 3.27**.



Sumber: Chemistry, 2000

**Gambar 3.27**

#### Sel Hall-Heroult untuk produksi aluminium

Aluminium oksida dielektrolisis dalam kriolit cair (*elektrolit*). Lelehan Al terbentuk pada katode dan berkumpul di bawah sel, yang dikeluarkan secara berkala.



Sumber: Sougou Kagashi

**Gambar 3.28**

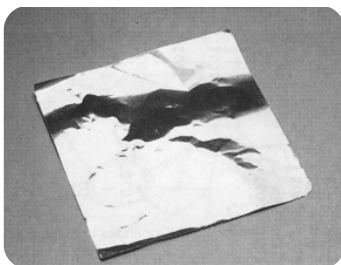
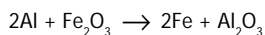
Kaleng minuman umumnya dibuat dari aluminium.



Sumber: Chemistry, 2000

**Gambar 3.29**

Pembakaran termit

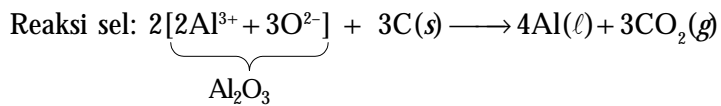
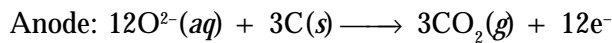
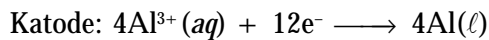


Sumber: Introductory Chemistry, 1997

**Gambar 3.30**

Aluminium foil untuk memasak makanan dalam oven/microwave.

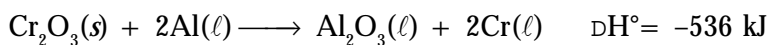
Walaupun reaksi pada elektrolisis sangat rumit, tetapi reaksi bersihnya dapat dituliskan seperti berikut.



Anode karbon dibuat dari karbonasi minyak bumi yang harus diganti secara kontinu sebab sering terkontaminasi oleh pengotor.

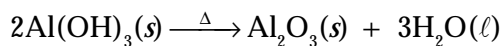
Aluminium dibuat dalam jumlah besar untuk paduan logam. Logam aluminium murni bersifat lunak dan mudah terkorosi. Penambahan sejumlah kecil logam lain, seperti Cu, Mg, atau Mn, aluminium akan menjadi keras dan tahan terhadap korosi.

Beberapa aluminium digunakan untuk mengekstraksi logam lain. Logam kromium diperoleh melalui reduksi oksidanya oleh serbuk aluminium. Reaksi  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  dengan aluminium bersifat eksotermis.



Reaksi serupa diterapkan pada las listrik untuk menyambung besi, yaitu campuran dari serbuk aluminium dan besi(III) oksida, yang disebut *termit* (lihat **Gambar 3.29**). Sekali campuran ini dibakar, reaksi berlangsung terus menghasilkan pijar tinggi bertabur bunga api.

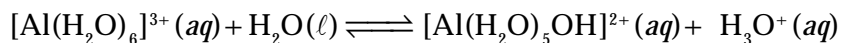
Senyawa aluminium yang penting adalah alumina atau aluminium oksida. Senyawa ini dibuat melalui pemanasan aluminium hidroksida yang diperoleh dari bauksit dan dilakukan pada  $550^\circ\text{C}$ . Alumina membentuk senyawa berpori atau berupa serbuk padat berwarna putih.



Alumina digunakan sebagai katalis, juga digunakan untuk memproduksi logam aluminium. Jika alumina diuapkan pada suhu tinggi ( $2.045^\circ\text{C}$ ), akan terbentuk *corundum* yang digunakan sebagai ampelas atau gerinda.

Jika alumina diuapkan dengan logam pengotor tertentu, akan diperoleh permata safir atau ruby. Ruby sintesis mengandung 2,5% kromium oksida,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  dalam alumina, dan digunakan terutama pada arloji dan sebagai asesoris permata.

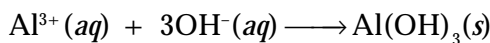
Dalam air, ion aluminium membentuk kompleks hidrat,  $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$  dan ion ini mudah terhidrolisis:



Aluminium sulfat oktahidrat,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  merupakan garam aluminium yang dapat larut dalam air, dibuat melalui pelarutan bauksit dalam asam sulfat.

Aluminium sulfat digunakan dalam jumlah besar untuk perekat kertas. Pada proses ini, zat seperti lempung dari aluminium sulfat ditambahkan ke dalam fiber selulosa untuk menghasilkan material berpori menjadi halus.

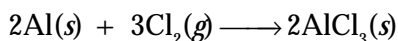
Aluminium sulfat juga digunakan untuk mengolah air limbah dari pulp kertas dan untuk menjernihkan air limbah. Jika basa ditambahkan kepada larutan garam aluminium ini, endapan seperti gelatin dari aluminium hidroksida terbentuk.



Ion aluminium mengkoagulasi suspensi koloid yang selanjutnya menyerap endapan aluminium hidroksida. Aluminium hidroksida sering diendapkan ke dalam fiber untuk menyerap celupan tertentu.

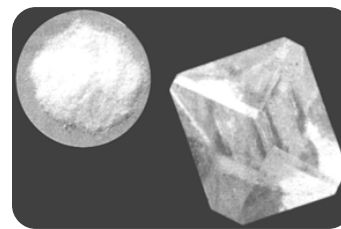
Aluminium klorida heksahidrat,  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dapat dibuat melalui pelarutan alumina dalam asam klorida. Garam ini digunakan sebagai penghilang bau keringat dan desinfektan (**Gambar 3.31**).

Garam aluminium tidak berhidrat,  $\text{AlCl}_3$  tidak dapat dibuat melalui pemanasan hidrat sebab akan terurai menghasilkan HCl. Aluminium klorida tak berhidrat diperoleh melalui reaksi serbuk aluminium dengan gas klorin.



Padatan  $\text{AlCl}_3$  diyakini ionis, tetapi jika dipanaskan pada suhu titik lelehnya akan terbentuk senyawa kovalen  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$ . Aluminium klorida menyublim pada titik lelehnya ( $180^\circ\text{C}$ ) dan molekul  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$  terdapat dalam uapnya. Struktur  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$  merupakan dimer dari  $\text{AlCl}_3$  dengan klorin sebagai jembatannya.

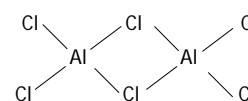
Pada suhu lebih tinggi, molekul  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$  berwujud uap akan terdisosiasi menjadi molekul  $\text{AlCl}_3$  dengan struktur molekul trigonal planar. Aluminium klorida tak berhidrat ini digunakan sebagai katalis, misalnya pada pembuatan etilbenzena.



Sumber: Sougou Kagashi

**Gambar 3.31**

Tawas,  $\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  digunakan untuk pengolahan air.



Struktur dimer dari molekul  $\text{AlCl}_3$ .

### Contoh 3.4

#### Mengidentifikasi Senyawa Aluminium

Suatu larutan diduga mengandung  $\text{NaCl}(\text{aq})$ ,  $\text{MgCl}_2(\text{aq})$ , atau  $\text{AlCl}_3(\text{aq})$ . Bahan uji kimia apakah untuk mengidentifikasi larutan ini? Anda hanya dapat menggunakan satu zat.

#### Jawab

Tambahkan  $\text{NaOH}(\text{s})$  tetes demi tetes ke dalam larutan. Jika  $\text{NaOH}(\text{s})$  ditambahkan pada  $\text{AlCl}_3(\text{aq})$ , endapan putih  $\text{Al}(\text{OH})_3$  terbentuk.

Penambahan  $\text{NaOH}$  secara berlebih akan melarutkan kembali endapan yang terbentuk menghasilkan aluminat yang larut,  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ .

Jika  $\text{NaOH}$  ditambahkan ke dalam larutan  $\text{MgCl}_2$ , padatan putih  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  terbentuk. Penambahan  $\text{NaOH}$  berlebih tidak melarutkan endapan yang terbentuk. Larutan  $\text{NaCl}$  tidak memberikan endapan dengan ditamapkannya  $\text{NaOH}$ .

### Tes Kompetensi Subbab E

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Mengapa aluminium cenderung membentuk senyawa kovalen?
2. Aluminium sulit diekstraksi dari bijihnya. Aluminium dihasilkan dari elektrolisis lelehan bauksit. Tuliskan persamaan reaksinya.
3. Jelaskan secara ringkas proses Hall untuk pembuatan aluminium secara komersial.
5. Walaupun logam aluminium merupakan logam reaktif, tetapi mudah terkorosi di udara, mengapa?

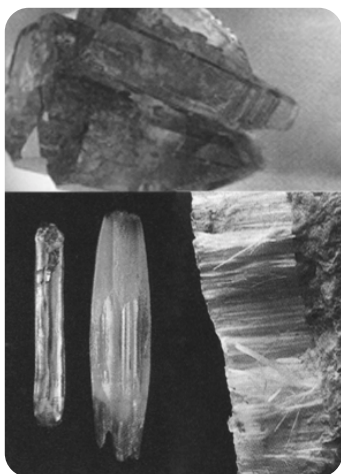


## F. Karbon dan Silikon

Karbon dan silikon berada dalam golongan IVA dengan konfigurasi elektron  $ns^2np^2$  membentuk ikatan kovalen dengan struktur tetrahedral. Silikon dapat membentuk enam buah ikatan yaitu  $\text{SiF}_6^{2-}$ , sedangkan karbon maksimal empat ikatan kovalen.

### 1. Kelimpahan Karbon dan Silikon di Alam

Silikon merupakan unsur yang paling melimpah di alam, terdapat dalam bentuk silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan mineral silikat. Unsur berikutnya yang juga melimpah di alam adalah karbon, ditemukan dalam semua makhluk hidup dan batubara serta minyak bumi. Sumber utama karbon selain dari senyawa organik terdapat dalam mineral karbonat, yakni batu kapur dan dolomit. Karbon juga terdapat sebagai  $\text{CO}_2$  di atmosfer serta sebagai grafit dan intan.



Sumber: *Chemistry: The Molecular Science*, 1997

**Gambar 3.32**  
Mineral silikat

### 2. Sifat-Sifat Karbon dan Silikon

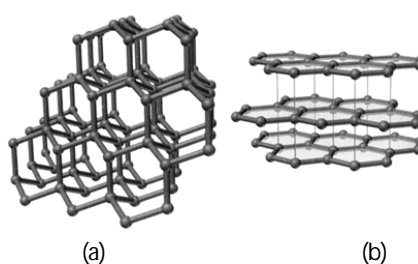
Bentuk alotrop dari karbon yang berupa kristal adalah grafit dan intan, sedangkan bentuk amorf dari karbon adalah arang dan kokas (karbon hitam). Grafit dan intan membentuk struktur jaringan kovalen yang sangat besar (struktur raksasa).

Grafit bersifat lunak, berwarna hitam mengkilap dengan struktur berlapis, dan dapat menghantarkan listrik (bersifat konduktor). Intan bersifat keras, tidak berwarna, dan transparan terhadap cahaya, tetapi intan tidak dapat menghantarkan arus listrik (insulator).

Perbedaan sifat antara grafit dan intan akibat dari bentuk strukturnya. Grafit membentuk struktur segienam datar dan berlapis melalui ikatan hibrida  $sp^2$ . Adapun intan membentuk struktur tetrahedral, di mana setiap atom karbon berikatan dengan empat atom karbon lain melalui ikatan hibrida  $sp^3$  (lihat **Gambar 3.33a**).

Bentuk amorf dari karbon memiliki struktur lapisan seperti grafit. Perbedaannya terletak pada tumpukan lapisan. Grafit memiliki lapisan struktur beraturan (lihat **Gambar 3.33b**), sedangkan karbon amorf tidak beraturan.

**Gambar 3.33**  
(a) Struktur intan  
(b) Struktur grafit



Sumber: *Sougou Kagashi*

Untuk memecahkan intan diperlukan energi sangat tinggi sebab banyak ikatan C–C yang harus diputuskan. Jika ikatan C–C putus, bentuknya menjadi tidak beraturan (amorf).

**Tabel 3.15** Kekuatan Ikatan C–C, Si–Si, dan Si–O

Ikatan	Energi Ikat ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )
C–C	347
Si–Si	226
Si–O	368

Sumber: *Chemistry with Inorganic Qualitative Analysis*, 1989



**Intan dan Batubara**

Tahukah Anda sekitar 10% dari pendapatan bruto negara Indonesia berasal dari pertambangan?

Intan dan batubara merupakan contoh kekayaan mineral yang terdapat di Indonesia. Intan adalah mineral mulia. Salah satu pertambangan intan di Indonesia terdapat di pulau Kalimantan. Indonesia juga merupakan salah satu negara terbesar produsen batubara, yaitu pengeksport batubara termal ketiga terbesar di dunia setelah Australia dan Afrika Selatan. Indonesia dapat memproduksi batubara sekitar 90 juta ton per tahun.

Sumber: Encarta: Reference Library, 2005; www.mpi.org.au

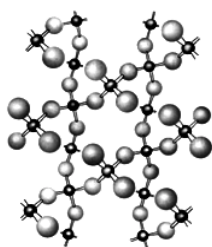
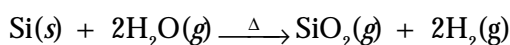
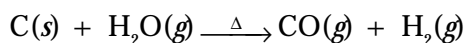
Silikon berupa padatan keras dengan struktur serupa intan, berwarna abu mengkilap dan meleleh pada 1.410°C. Silikon bersifat semikonduktor. Daya hantarnya kecil pada suhu kamar, tetapi pada suhu tinggi menjadi konduktor yang baik. Beberapa sifat fisika karbon dan silikon ditunjukkan pada **Tabel 3.16**.

**Tabel 3.16** Sifat-Sifat Fisika Karbon dan Silikon

Sifat	C	Si
Titik leleh (°C)	3.550	1.410
Titik didih (°C)	4.827	2.355
Massa jenis (g cm <sup>-3</sup> )	3,51	2,33
Keelektronegatifan	2,5	1,8
Jari-jari kovalen (Å)	0,77	1,77

Sumber: General Chemistry, 1990

Silikon dan karbon dapat bereaksi dengan uap air pada suhu tinggi. Persamaan reaksinya:



(a)



(b)

Sumber: Sougou Kagashi

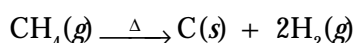
**Gambar 3.34**

(a) Model struktur kuarsa (silikat)  
(b) Kuarsa yang sesungguhnya

### 3. Pembuatan serta Kegunaan Unsur Karbon dan Silikon

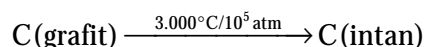
Grafit sintetis diproduksi untuk pembuatan elektrode pada industri baterai. Grafit dibuat melalui pemanasan arang minyak bumi dalam tungku listrik pada 3.500°C dengan katalis pasir dan besi.

Karbon hitam seperti karbon aktif diproduksi dalam jumlah besar melalui pembakaran gas alam dan batubara tanpa oksigen.

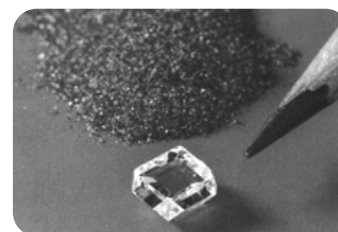


Karbon hitam digunakan untuk industri karet dan sebagai pigmen untuk tinta hitam. Karbon amorf dan fiber grafit digunakan sebagai penguat pada suhu tinggi, seperti tungku atau tanur. Karbon ini dibuat melalui pemanasan fiber tekstil pada suhu tinggi.

Intan dapat dibuat dari grafit pada suhu dan tekanan sangat tinggi menghasilkan intan buatan yang murah sebagai alat pemotong kaca dan penggilingan. Prosesnya dilakukan pada 3.000°C dan 10<sup>5</sup> atm dengan katalis logam transisi.



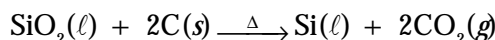
Silikon dibuat melalui reduksi pasir kuarsa (SiO<sub>2</sub>) oleh karbon dalam tungku listrik pada 3.000°C.



Sumber: Chemistry, 2002

**Gambar 3.35**

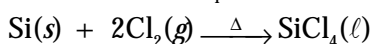
Karbon hitam, intan, dan grafit



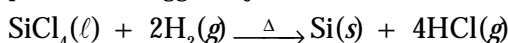
Untuk tujuan metalurgi, silikon dipadukan dengan besi membentuk ferrosilikon (Fe-Si). Paduan ini diperoleh melalui reduksi besi(III) oksida bersama-sama dengan pasir kuarsa.

Silikon ultramurni digunakan sebagai bahan semikonduktor padat seperti transistor, sel surya, dan chips mikro-komputer. Silikon ultramurni dibuat dari silikon tidak murni. Prosesnya adalah seperti berikut.

a) Silikon tidak murni (hasil reduksi pasir) dipanaskan dengan gas klorin membentuk  $\text{SiCl}_4$  (cairan dengan titik didih  $58^\circ\text{C}$ ).



b)  $\text{SiCl}_4$  dicampur dengan gas  $\text{H}_2$  dan dilewatkan melalui tabung pemanas hingga terjadi reaksi:



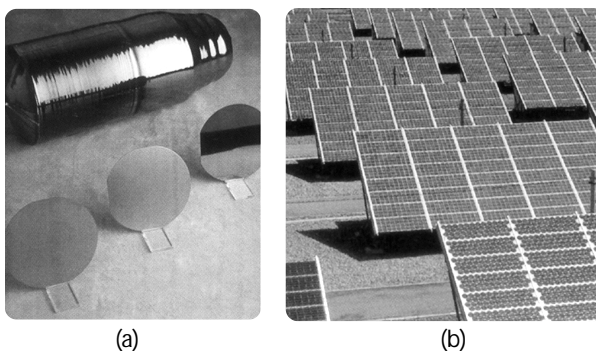
c) Setelah dingin, silikon ultra-murni mengkristal pada permukaan batang silikon murni. Silikon yang dibuat dengan cara ini hanya memiliki pengotor  $10^{-8}\%$ .

## Kata Kunci

- Ikatan kovalen
- Alotrop
- Amorf
- Konduktor
- Insulator
- Semikonduktor

**Gambar 3.36**

- (a) Silikon ultra-murni digunakan untuk material elektronika.  
(b) Komponen sel surya



Sumber: Chemistry, 2000: Sougou Kagashi

## Tes Kompetensi Subbab F

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Mengapa grafit bersifat lunak sehingga dipakai sebagai pelumas, padahal ikatan antarkarbon sangat kuat?
2. Mengapa silikon membentuk ikatan kovalen karbida, tetapi kalsium membentuk ikatan ion karbida?
3. Tuliskan persamaan setara untuk pembakaran CO dan  $\text{H}_2$  yang dapat menerangkan mengapa campuran gas ini dapat digunakan sebagai bahan bakar.

## G. Nitrogen, Oksigen, dan Belerang

Nitrogen berada dalam golongan VA dengan konfigurasi elektron  $ns^2 np^3$ , sedangkan oksigen dan belerang berada dalam golongan VIA dengan konfigurasi elektron  $ns^2 np^4$ . Nitrogen dan oksigen berupa gas diatom, sedangkan belerang berupa zat padat dengan rumus molekul  $\text{S}_8$ .

### 1. Kelimpahan Nitrogen, Oksigen, dan Belerang di Alam

Nitrogen terdapat di atmosfer bumi dalam jumlah paling besar mencapai 78%. Di alam, nitrogen tidak sebagai unsur bebas, tetapi membentuk gas diatom yang tidak berwarna dan tidak berbau dengan rumus molekul  $\text{N}_2$ . Oksigen merupakan unsur yang melimpah di alam, mencapai 48% berat bagian luar bumi (kerak, atmosfer, dan permukaan bumi).

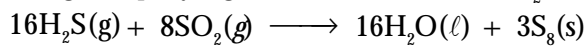
Belerang terdapat dalam mineral *gypsum* ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) dan dalam mineral sulfida yang merupakan bijih logam. Belerang juga terdapat dalam batubara dan minyak bumi sebagai senyawa organik belerang, dan dalam gas alam terdapat sebagai gas  $\text{H}_2\text{S}$ .

**Tabel 3.17** Komposisi Unsur-Unsur dalam Atmosfer Bumi

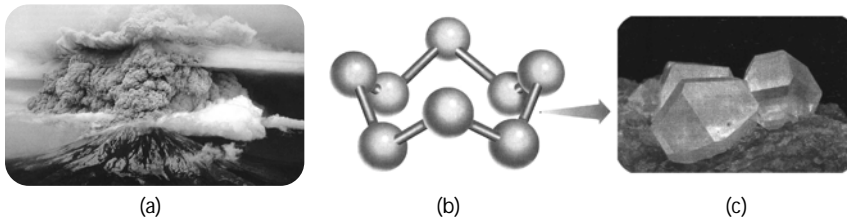
Atmosfer Bumi	Persen Udara
Nitrogen	78
Oksigen	21
Karbon dioksida	0,04
Uap air	} 0,96
Gas lain	

Sumber: *Chemistry with Inorganic Qualitative Analysis*, 1989

Belerang dalam keadaan molekulnya ( $\text{S}_8$ ) terdapat di beberapa daerah vulkanik (gunung berapi) yang terbentuk dari reaksi  $\text{H}_2\text{S}$  dan  $\text{SO}_2$ .



Molekul belerang juga terdapat di bawah tanah bersama-sama garam sekitar ratusan meter dari permukaan bumi.



**Gambar 3.37**

- (a) Kawah gunung berapi merupakan sumber belerang.
- (b) Struktur molekul belerang ( $\text{S}_8$ )
- (c) Bentuk kristal belerang

Sumber: *Chemistry*, 2000

## 2. Sifat-Sifat Unsur Nitrogen, Oksigen, dan Belerang

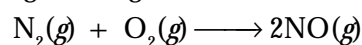
Beberapa sifat fisika unsur nitrogen, oksigen, dan belerang ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 3.18** Sifat-Sifat Fisika dan Kimia Unsur Nitrogen, Oksigen, dan Belerang

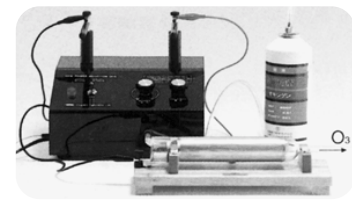
Sifat-Sifat	$\text{N}_2$	$\text{O}_2$	S
Titik leleh ( $^{\circ}\text{C}$ )	-210	218	113
Titik didih ( $^{\circ}\text{C}$ )	-196	183	445
Massa jenis ( $\text{g cm}^{-3}$ )	0,0013	0,002	2,07
Keelektronegatifan	3,0	3,5	2,5
Afinitas elektron ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )	> 0	141	-200
Jari-jari ion ( $\text{\AA}$ )	1,32	1,26	1,70
Jari-jari kovalen ( $\text{\AA}$ )	0,70	0,66	1,04

Sumber: *General Chemistry*, 1990

Pada suhu kamar gas  $\text{N}_2$  tidak reaktif, disebabkan ikatannya sangat kuat. Akan tetapi, pada suhu tinggi dapat bereaksi dengan unsur-unsur lain, seperti dengan oksigen menghasilkan  $\text{NO}$ .



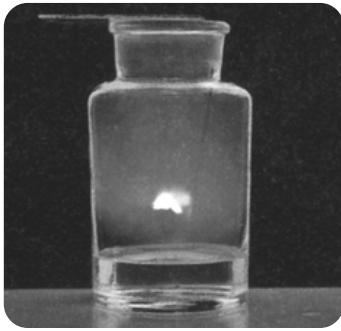
Oksigen membentuk molekul diatom  $\text{O}_2$  dan bentuk alotroponya adalah ozon ( $\text{O}_3$ ). Oksigen merupakan gas tidak berwarna, tidak berasa, dan berwujud gas pada keadaan normal.



Sumber: *Sougou Kagashi*

**Gambar 3.38**

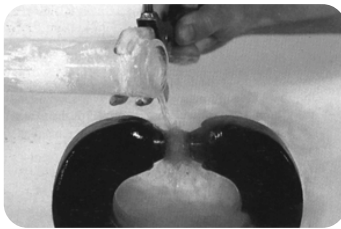
Perangkat alat pembangkit ozon ( $\text{O}_3$ )



Sumber: Sougou Kagashi

**Gambar 3.39**

Reaksi belerang dan oksigen



Sumber: Chemistry, 1994

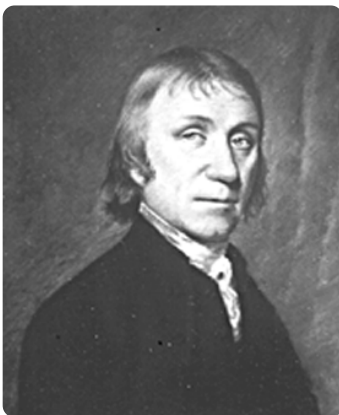
**Gambar 3.40**

Oksigen cair berwarna biru pucat.

## Sekilas Kimia



Joseph Priestley  
(1733–1804)



Sumber: Chemistry, 2000

Priestley tertarik pada Kimia saat usianya 39 tahun karena Priestley tinggal bersebelahan dengan tempat pembuatan minuman. Di tempat itu dia dapat memperoleh karbon dioksida. Penelitiannya difokuskan pada gas ini pada pertama kalinya, dan kemudian berkembang ke gas lain yaitu oksigen. Priestley memperoleh oksigen dari pemanasan raksa(II) oksida.

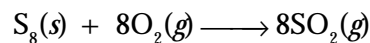
$$2\text{HgO}(s) \longrightarrow 2\text{Hg}(\ell) + \text{O}_2(g)$$

Keadaan stabil dari belerang adalah berbentuk rombik seperti mahkota yang berwarna kuning. Belerang rombik meleleh pada  $113^\circ\text{C}$  menghasilkan cairan berwarna jingga. Pada pemanasan berlanjut, berubah menjadi cairan kental berwarna coklat-merah.

Pada waktu meleleh, bentuk mahkota pecah menjadi bentuk rantai spiral yang panjang. Kekentalan meningkat akibat molekul  $\text{S}_8$  yang padat berubah menjadi rantai berupa spiral panjang. Pada suhu lebih tinggi dari  $200^\circ\text{C}$ , rantai mulai pecah dan kekentalan menurun.

Molekul oksigen merupakan gas reaktif dan dapat bereaksi dengan banyak zat, umumnya menghasilkan oksida. Hampir semua logam bereaksi dengan oksigen membentuk oksida.

Belerang ( $\text{S}_8$ ) bereaksi dengan oksigen menghasilkan belerang dioksida dengan nyala biru yang khas (**Gambar 3.39**):



Oksida yang lain dari belerang adalah  $\text{SO}_3$ , tetapi hanya terbentuk dalam jumlah kecil selama pembakaran belerang dalam udara.

### 3. Pembuatan dan Kegunaan Unsur Nitrogen, Oksigen, dan Belerang

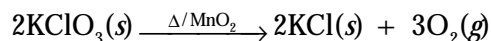
Udara merupakan sumber utama komersial gas  $\text{N}_2$ . Pencairan gas  $\text{N}_2$  terjadi di bawah suhu  $147^\circ\text{C}$  pada 35 atm menghasilkan cairan nitrogen yang tak berwarna, selanjutnya didistilasi untuk memperoleh cairan nitrogen murni.

Nitrogen cair digunakan sebagai pembeku, seperti makanan, material yang terbuat dari karet, dan bahan-bahan biologi. Gas  $\text{N}_2$  digunakan sebagai gas pelindung, bertujuan untuk mencegah material kontak dengan oksigen selama pemrosesan atau penyimpanan. Oleh karena itu, komponen elektronik sering diproduksi dalam ruangan bernitrogen.

Oksigen diproduksi dalam jumlah besar dari udara. Sama seperti nitrogen, udara pertama dicairkan kemudian didistilasi. Nitrogen dan argon merupakan komponen udara yang lebih mudah menguap sehingga mudah dipisahkan, meninggalkan oksigen cair.

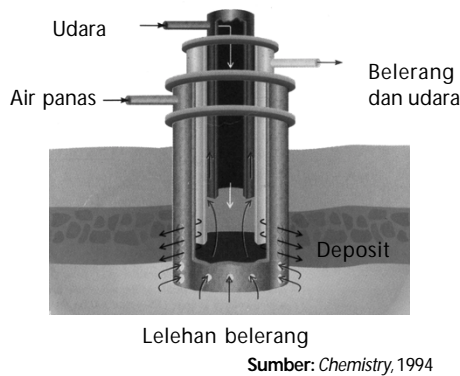
Gas oksigen dapat dicairkan di bawah  $-118^\circ\text{C}$ . Baik cairan maupun padatan dari oksigen berwarna biru pucat (**Gambar 3.40**). Titik leleh padatnya adalah  $-218^\circ\text{C}$ , dan titik didih cairannya pada tekanan 1 atm dan pada suhu  $183^\circ\text{C}$ .

Pembuatan oksigen di laboratorium dapat dilakukan melalui pemanasan  $\text{KClO}_3$  dengan katalis  $\text{MnO}_2$  pada suhu sedang.



Oksigen yang diproduksi digunakan dalam pembuatan besi, untuk mengoksidasi pengotor yang terdapat dalam bijih besi. Oksigen juga merupakan oksidator dalam banyak proses kimia dan pengolahan air limbah. Dalam jumlah kecil oksigen digunakan untuk pengelasan logam, dalam medis sebagai bantuan pernapasan, dan untuk sumber energi pendorong roket.

Belerang dalam keadaan bebas ( $\text{S}_8$ ) ditambang melalui proses Frasch (**Gambar 3.41**). Pada proses ini deposit belerang padat dalam tanah dilelehkan di tempatnya dengan air sangat panas (*super heated*). Kemudian, lelehan belerang ditekan keluar dengan udara, dan keluar menyerupai busa. Kemurnian belerang mencapai 99%. Belerang digunakan terutama dalam pabrik asam sulfat.



Sumber: Chemistry, 1994

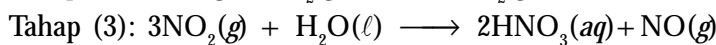
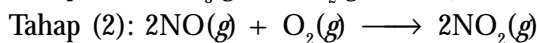
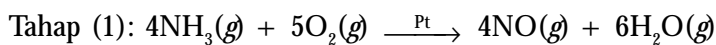
#### 4. Pembuatan dan Kegunaan Senyawa Nitrogen, Oksigen, dan Belerang

Amonia,  $\text{NH}_3$  merupakan senyawa komersial penting dari nitrogen. Amonia adalah gas tidak berwarna dan berbau menyengat. Amonia dibuat secara komersial melalui *proses Haber* dari  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ . Gambar di samping menunjukkan diagram alir pembuatan amonia secara industri dari gas alam, uap, dan udara.

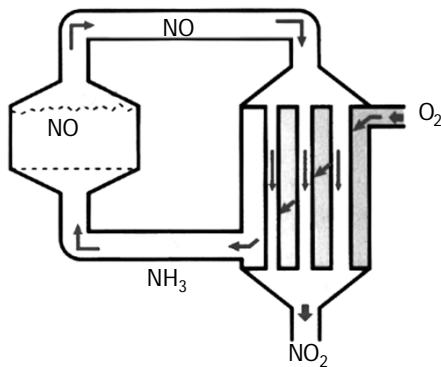
Amonia mudah dicairkan dan cairannya digunakan sebagai pupuk nitrogen. Garam amonium, seperti sulfat dan nitrat juga digunakan sebagai pupuk. Sejumlah besar amonia diubah menjadi urea,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , yang digunakan sebagai pupuk, suplemen makanan ternak, dan industri plastik formaldehid.

Asam nitrat,  $\text{HNO}_3$  adalah asam yang penting bagi industri dan digunakan untuk bahan peledak, nilon, dan plastik poliuretan. Asam nitrat dibuat secara komersial melalui *proses Ostwald* (**Gambar 3.43**).

Dalam proses Ostwald, asam nitrat dibuat dari oksidasi amonia. Proses secara umum, amonia dibakar dengan adanya katalis platina menjadi gas  $\text{NO}$  dan diubah lebih lanjut menjadi  $\text{NO}_2$ , kemudian dilarutkan dalam air menjadi asam nitrat.



Gas  $\text{NO}$  pada tahap akhir dapat digunakan kembali.

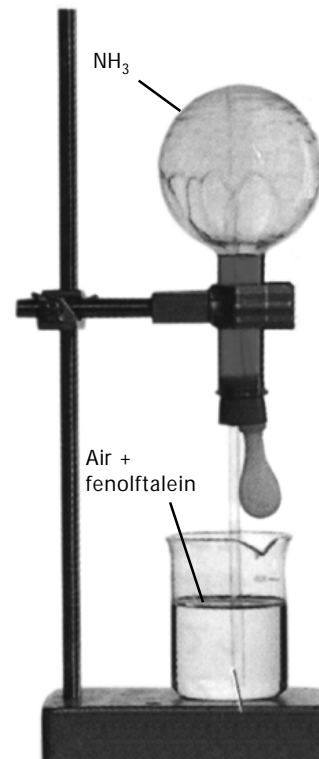


Sumber: Sougou Kagashi

Hydrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) adalah gas tak berwarna dengan bau telur busuk yang kuat dan bersifat racun. Dalam larutan asam,  $\text{H}_2\text{S}$  berperan sebagai reduktor menghasilkan belerang.

Gambar 3.41

Diagram proses Frasch untuk menambang belerang.



Sumber: Sougou Kagashi

Gambar 3.42

#### Amonia fountain

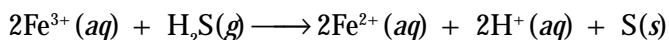
Jika pipet dipijit-pijit, air akan naik ke dalam labu membentuk air mancur berwarna merah. Warna merah tersebut akibat  $\text{NH}_3$  (basa) larut dalam air.

Gambar 3.43

Diagram proses Ostwald tahap 1 dan tahap 2

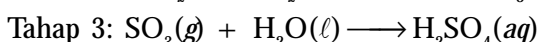
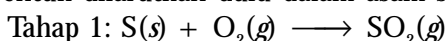
## Kata Kunci

- Gas pelindung
- Oksidator
- Proses Frasch
- Proses Haber
- Proses Ostwald
- Proses kontak
- Higroskopis

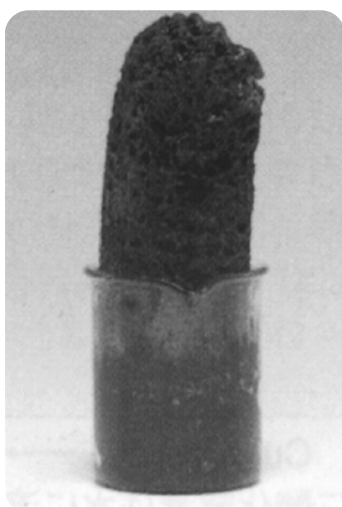


Belerang dioksida ( $\text{SO}_2$ ) adalah gas tak berwarna dengan bau menyengat, diperoleh dari pembakaran belerang atau sulfida. Belerang dioksida digunakan untuk mengawetkan buah-buahan kering, yaitu untuk menghambat pertumbuhan jamur.

Asam sulfat dibuat dari belerang melalui proses kontak. Proses tersebut terdiri atas pembakaran belerang menjadi  $\text{SO}_2$  dan dioksidasi lanjut menjadi  $\text{SO}_3$  dengan katalis platina atau  $\text{V}_2\text{O}_5$ . Gas  $\text{SO}_3$  yang terbentuk dilarutkan dulu dalam asam sulfat kemudian diencerkan.



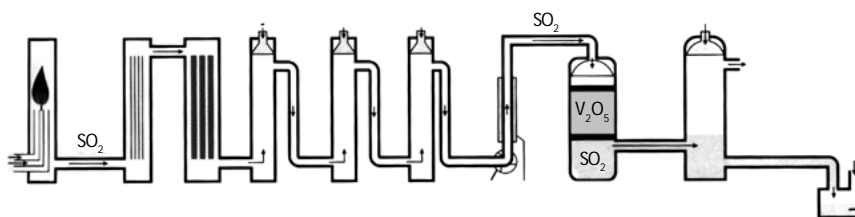
Asap belerang trioksida yang dihasilkan pada tahap (2) sukar larut dalam air sehingga  $\text{SO}_3$  dilarutkan lebih dulu dalam asam sulfat pekat membentuk asam piro-sulfat ( $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ ), kemudian diencerkan dengan air menghasilkan asam sulfat pekat.



Sumber: Sougou Kagashi

Gambar 3.45

Asam sulfat menyerap molekul  $\text{H}_2\text{O}$  dari gula pasir, hanya karbon yang tersisa.



Sumber: Sougou Kagashi

Gambar 3.44

Diagram singkat proses kontak pada pembuatan asam sulfat.

Asam sulfat pekat berupa cairan kental dan bersifat dapat menarik molekul  $\text{H}_2\text{O}$  dari udara maupun dari senyawa (higroskopis). Asam pekat juga tergolong oksidator kuat.

## Kegiatan Inkuiri



Tuliskan persamaan reaksi penyerapan molekul  $\text{H}_2\text{O}$  dari gula pasir oleh  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Asam sulfat digunakan untuk membuat pupuk fosfat dan amonium fosfat yang larut dalam air. Asam sulfat juga digunakan dalam pemurnian minyak bumi dan banyak industri kimia lainnya.

## Tes Kompetensi Subbab G

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Jelaskan kembali bagaimana pembuatan asam nitrat dengan proses Ostwald.
2. Mengapa di alam oksigen terdapat sebagai molekul  $\text{O}_2$ , sedangkan belerang sebagai  $\text{S}_8$ ?
3. Jelaskan tiga metode pembuatan gas oksigen secara laboratorium.
4. Asam hipofosfit dioksidasi menjadi asam fosfit. Adapun asam sulfat direduksi menjadi  $\text{SO}_2$ . Tuliskan persamaan setara untuk reaksi ini.
5. Tuliskan persamaan reaksi pembuatan belerang ( $\text{S}_8$ ) dari reaksi antara  $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$  dengan udara.

## Rangkuman

Unsur-unsur golongan utama yang terdapat dalam tabel periodik mempunyai kelimpahan yang relatif tinggi di alam dan banyak dimanfaatkan dalam berbagai macam aplikasi, baik dalam rumah tangga maupun industri. Unsur-unsur golongan utama itu di antaranya logam alkali, alkali tanah, Aluminium, karbon, silikon, nitrogen, oksigen, belerang, halogen, dan gas mulia.

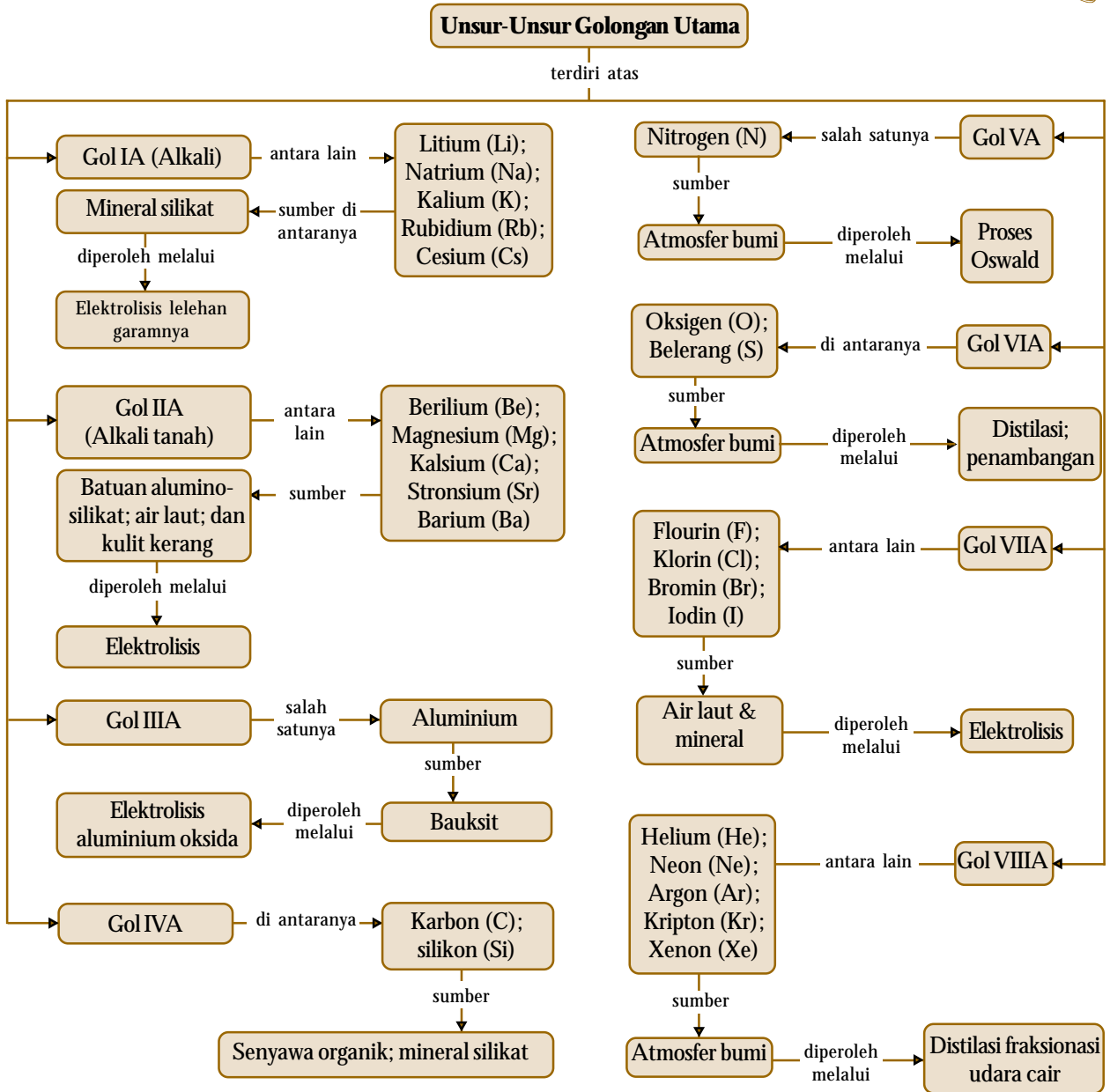
1. Semua gas mulia diperoleh dari atmosfer bumi melalui distilasi fraksionasi udara cair. Gas mulia dimanfaatkan terutama untuk pengisi lampu penerang, papan reklame, dan las logam.
2. Halogen merupakan unsur-unsur bukan logam yang sangat reaktif dan melimpah dalam air laut dan mineral. Unsur-unsur halogen diperoleh melalui elektrolisis dan digunakan untuk berbagai aplikasi dalam industri.
3. Unsur-unsur golongan alkali terdapat dalam berbagai mineral silikat dan diperoleh melalui elektrolisis lelehan garamnya. Semua unsur alkali bersifat reaktif. Senyawa natrium yang penting adalah NaOH, NaCl, dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Natrium hidroksida diperoleh melalui elektrolisis larutan NaCl, digunakan untuk membuat kertas dan ekstraksi logam aluminium oksida dari bauksit. Natrium karbonat digunakan untuk membuat gelas. Kalium klorida merupakan bahan untuk membuat pupuk.
4. Unsur-unsur golongan logam alkali tanah terdapat dalam batuan alumino-silikat, air laut, dan kulit kerang. Semua unsur golongan alkali tanah cukup reaktif. Sumber utama magnesium adalah air laut, dan sumber kalsium diperoleh dari kulit kerang dan batu kapur.

Magnesium diperoleh melalui elektrolisis garam kloridanya, digunakan untuk membuat paduan logam. Unsur-unsur alkali tanah yang lain diperoleh melalui reaksi reduksi. Kalsium oksida diperoleh melalui pemanasan batu kapur untuk industri baja dan pengolahan kesadahan air.

5. Aluminium merupakan unsur ketiga yang paling banyak di alam, terutama dalam bauksit. Aluminium larut dalam asam maupun basa. Logam aluminium diproduksi melalui proses elektrolisis aluminium oksida (proses Hall). Senyawa aluminium yang penting adalah garam sulfat (tawas), digunakan dalam industri kertas dan penjernihan air.
6. Silikon merupakan unsur paling melimpah di alam, terdapat dalam bentuk silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan mineral silikat. Silikon dipakai untuk bahan semikonduktor. Adapun unsur nitrogen terdapat dalam jumlah terbanyak di atmosfer sebagai gas diatom. Nitrogen dapat membentuk senyawa dengan biloks mulai dari  $-3$  sampai dengan  $+5$ . Amonia dan asam nitrat merupakan senyawa nitrogen yang penting, digunakan untuk pupuk. Asam nitrat diperoleh melalui proses Ostwald.
7. Oksigen terdapat di atmosfer bumi sebagai gas diatom. Gas oksigen diperoleh melalui pencairan udara secara distilasi bertingkat. Gas oksigen digunakan untuk las logam, medis, pembakaran, dan sumber energi. Belerang terdapat sebagai belerang bebas ( $\text{S}_8$ ) dan senyawanya (ferit dan  $\text{H}_2\text{S}$ ). Belerang bebas ditambang melalui proses Frasch, dipakai dalam industri asam sulfat melalui proses kontak.



# Peta Konsep



## Refleksi

Apakah Anda merasa kesulitan dalam memahami materi pada Bab 3 ini? Bagian manakah dari materi Bab 3 ini yang belum Anda kuasai? Jika Anda merasa kesulitan, diskusikan dengan teman atau guru Anda.

Pada bab ini Anda dapat mengidentifikasi kelimpahan unsur-unsur utama di alam dan produk yang mengandung unsur tersebut. Anda juga dapat mendeskripsikan kecenderungan sifat fisik dan kimia unsur utama (titik didih, titik leleh, kekerasan, warna, kelarutan, kereaktifan dan sifat

khusus lainnya), serta menjelaskan manfaat, dampak, dan proses pembuatan unsur-unsur dan senyawanya dalam kehidupan sehari-hari.

Aplikasi yang telah Anda ketahui dari unsur-unsur golongan utama antara lain dalam industri pupuk, pulp kertas, sebagai pengisi lampu penerang, las logam, dan dalam bidang medis. Cari tahu oleh Anda kegunaan dari unsur-unsur golongan utama tersebut.

**A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.**

- Di antara gas mulia berikut yang bersifat radioaktif adalah ....
  - neon
  - argon
  - xenon
  - kripton
  - radon
- Gas mulia yang paling banyak terdapat di alam adalah ....
  - helium
  - neon
  - argon
  - xenon
  - kripton
- Pernyataan berikut merupakan sifat-sifat gas mulia, *kecuali* ....
  - unsur paling stabil
  - sukar melepaskan atau menangkap elektron
  - mudah bereaksi dengan unsur lain
  - terdapat di atmosfer dalam keadaan bebas
  - titik beku mendekati suhu 0 K
- Ebtanas 1996:**  
Pasangan unsur gas mulia berikut yang senyawanya sudah dapat disintesis adalah ....
  - xenon dan argon
  - xenon dan kripton
  - helium dan kripton
  - helium dan argon
  - helium dan xenon
- Ebtanas 1999:**  
Unsur gas mulia sukar bereaksi dengan unsur lain. Hal ini disebabkan karena gas mulia ....
  - sedikit terdapat di alam
  - nomor atomnya selalu genap
  - bentuk molekulnya monoatomik
  - energi ionisasinya sangat tinggi
  - jumlah elektron terluarnya selalu 8
- Di antara sifat-sifat berikut untuk halogen dan senyawanya meningkat dari fluorin ke iodin adalah ....
  - panjang ikatan dalam molekul halogen
  - keelektronegatifan unsur
  - energi ionisasi pertama
  - kekuatan pengoksidasi
  - energi kisi untuk senyawa kalium halida
- Di antara unsur-unsur halogen berikut yang tersusun menurut kenaikan keelektronegatifan adalah ....
  - F, Cl, Br
  - Br, F, Cl
  - F, Br, Cl
  - Cl, Br, F
  - Br, Cl, F
- Kenaikan titik didih dan titik leleh dari  $F_2$  ke  $I_2$  disebabkan oleh meningkatnya ....
  - keelektronegatifan
  - afinitas elektron
  - jari-jari atom
  - potensial reduksi standar
  - kekuatan asam
- Keelektronegatifan unsur-unsur F, Cl, Br, dan I masing-masing 4; 3; 2,8; dan 2,5. Senyawa antarhalogen yang paling polar adalah ....
  - ICl
  - IBr
  - FCI
  - FBr
  - $F_2$
- UMPTN 1999/C:**  
Di antara unsur halogen berikut yang mudah direduksi adalah ....
  - $F_2$
  - $Cl_2$
  - $Br_2$
  - $I_2$
  - semua dapat direduksi
- UMPTN 2000/A:**  
Reaksi berikut dapat berlangsung, *kecuali* ....
  - larutan KI dengan gas  $Br_2$
  - larutan KI dengan gas  $Cl_2$
  - larutan KCl dengan gas  $Br_2$
  - larutan KBr dengan gas  $Cl_2$
  - larutan KCl dengan gas  $F_2$
- Unsur-unsur halogen bersenyawa dengan hidrogen membentuk asam halida. Asam halida yang paling kuat adalah ....
  - HF
  - HCl
  - HBr
  - HI
  - semua kuat
- Iodin mudah larut dalam larutan KI daripada dalam air. Hal ini disebabkan terbentuk ....
  - $KI_3^-$
  - $KI_2^-$
  - $KI^+$
  - $KI_3$
  - $KI_2$
- Di antara senyawa klorin berikut yang merupakan asam paling kuat adalah ....
 

A. HCl	D. $HClO_3$
B. HClO	E. $HClO_4$
C. $HClO_2$	

15. **Ebtanas 1999:**  
Diketahui beberapa sifat unsur:
1. Sangat reaktif, terdapat di alam dalam bentuk senyawa
  2. Bilangan oksidasinya + 2 dan + 3
  3. Merupakan oksidator kuat
  4. Dalam bentuk unsur bebas merupakan racun
  5. Umumnya, senyawanya berwarna
- Di antara sifat-sifat unsur tersebut, yang merupakan sifat unsur halogen adalah ....
- A. 1 – 2 – 3
  - B. 1 – 3 – 4
  - C. 2 – 3 – 5
  - D. 2 – 4 – 5
  - E. 3 – 4 – 5
16. Di antara asam halida berikut yang *tidak* dapat dibuat menggunakan asam sulfat pekat adalah ....
- A. HF dan HCl
  - B. HCl dan HBr
  - C. HF dan HBr
  - D. HCl dan HI
  - E. HBr dan HI
17. Logam natrium adalah reduktor kuat. Hasil percobaan yang mendukung ungkapan itu adalah ....
- A. sifatnya padat, lunak, dan mudah diiris
  - B. mudah bereaksi dengan air
  - C. larutan oksidanya mengubah lakmus merah menjadi biru
  - D. sifat basanya sangat kuat
  - E. garam natrium mudah larut dalam air
18. Pernyataan berikut yang benar tentang sifat basa logam alkali adalah ....
- A.  $\text{NaOH} > \text{KOH}$
  - B.  $\text{LiOH} > \text{KOH}$
  - C.  $\text{KOH} > \text{LiOH}$
  - D.  $\text{KOH} > \text{NaOH}$
  - E. Opsi (c) dan (d) benar
19. Logam alkali yang dibakar akan menghasilkan superoksida adalah ....
- A. Na dan K
  - B. Li dan Na
  - C. Li dan K
  - D. K dan Rb
  - E. Li dan Rb
20. **UMPTN 1998/B:**  
Sifat-sifat berikut yang *bukan* merupakan sifat logam alkali adalah ....
- A. merupakan unsur sangat reaktif
  - B. terdapat dalam keadaan bebas di alam
  - C. dibuat dengan cara elektrolisis lelehan garam
  - D. ionnya bermuatan positif satu
  - E. senyawanya mudah larut dalam air
21. Berdasarkan tes nyala terhadap logam alkali, diperoleh warna ungu. Unsur tersebut adalah ....
- A. Li
  - B. Na
  - C. K
  - D. Rb
  - E. Cs
22. Bahan baku pembuatan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  melalui proses *solway* adalah ....
- A. NaCl,  $\text{NH}_3$ , CO
  - B. NaOH,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$
  - C.  $\text{NaHCO}_3$ , NaCl
  - D. NaCl,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$
  - E. NaOH, NaCl,  $\text{CO}_2$
23. **Ebtanas 1996:**  
Logam alkali tanah yang *tidak* menghasilkan gas hidrogen jika bereaksi dengan air adalah ....
- A. Ba
  - B. Sr
  - C. Mg
  - D. Ca
  - E. Be
24. **Ebtanas 2000:**  
Basa alkali tanah yang paling mudah larut dan mempunyai sifat basa kuat adalah ....
- A.  $\text{Be}(\text{OH})_2$
  - B.  $\text{Mg}(\text{OH})_2$
  - C.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
  - D.  $\text{Sr}(\text{OH})_2$
  - E.  $\text{Ba}(\text{OH})_2$
25. Pembakaran logam Mg di udara, selain terbentuk MgO juga terbentuk zat X. Zat ini jika ditambah air dapat membirukan lakmus, zat itu adalah ....
- A.  $\text{Mg}(\text{OH})_2$
  - B.  $\text{Mg}_3\text{N}_2$
  - C.  $\text{MgCO}_3$
  - D.  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
  - E.  $\text{Mg}(\text{CN})_2$
26. Di antara unsur alkali tanah berikut yang bersifat amfoter adalah ....
- A. Mg
  - B. Be
  - C. Ra
  - D. Ca
  - E. Sr
27. Berdasarkan tes nyala terhadap logam alkali tanah dihasilkan warna putih terang. Logam itu adalah ....
- A. Be
  - B. Mg
  - C. Ca
  - D. Ra
  - E. Sr
28. Pembuatan unsur-unsur logam alkali tanah umumnya dilakukan melalui proses ....

- A. pirolisis  
B. kromatografi  
C. pemanggangan  
D. elektrolisis  
E. peptisasi
29. Jika kalsium nitrat dipanaskan dengan kuat maka reaksi yang terjadi adalah ....  
A.  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(s) \longrightarrow \text{Ca}(\text{NO}_2)_2(s) + \text{O}_2(g)$   
B.  $2\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(s) \longrightarrow 2\text{CaO}(s) + 4\text{NO}_2(g) + \text{O}_2(g)$   
C.  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(s) \longrightarrow \text{CaO}(s) + \text{N}_2\text{O}(g) + 2\text{O}_2(g)$   
D.  $3\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(s) \longrightarrow \text{Ca}_3\text{N}_2(s) + 4\text{NO}_2(g) + 5\text{O}_2(g)$   
E.  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(s) \longrightarrow \text{CaO}(s) + 2\text{NO}_2(g)$
30. Jika logam aluminium ditetesi larutan NaOH akan terjadi reaksi, di antaranya menghasilkan ....  
A. gas oksigen  
B. gas peroksida  
C. senyawa kompleks  
D. ion aluminium  
E. ion aluminat
31. Pada pembuatan aluminium, kriolit yang dipakai berperan sebagai ....  
A. reduktor  
B. oksidator  
C. lapisan tahan panas  
D. pelarut  
E. bahan baku utama
32. Logam aluminium mempunyai sifat-sifat sebagai berikut, *kecuali*....  
A. dapat bereaksi dengan asam kuat  
B. larut dalam larutan NaOH  
C. dengan basa kuat menghasilkan gas  $\text{H}_2$   
D. merupakan oksidator kuat  
E. dengan  $\text{HNO}_3$  pekat menghasilkan  $\text{NO}_x$
33. Di antara alotrop karbon berikut, yang dapat menghantarkan listrik adalah ....  
A. arang  
B. intan  
C. grafit  
D. kokas  
E. jelaga
34. Pembuatan asam nitrat secara komersial dilakukan melalui proses ....  
A. Haber-Bosch  
B. kamar timbal  
C. Frasch  
D. Ostwald  
E. hidrogenasi
35. Proses Haber-Bosch pada pembuatan amonia dilakukan pada....  
A. suhu tinggi dan tekanan rendah  
B. suhu tinggi dan tekanan tinggi  
C. suhu rendah dan tekanan tinggi  
D. suhu rendah dan tekanan rendah  
E. keadaan berkatalis Pt
36. Gas amonia dapat dibuat di laboratorium dengan cara ....  
A. memanaskan amonium nitrat  
B. memanaskan amonium klorida  
C. memanaskan campuran amonium sulfat dan kalsium oksida  
D. mengalirkan gas  $\text{H}_2$  ke dalam nitrogen cair  
E. elektrolisis larutan amonium klorida
37. Pembuatan gas oksigen di laboratorium dapat dilakukan dengan cara ....  
A. pemanasan  $\text{KClO}_3$  dengan katalis  $\text{MnO}_2$   
B. pembakaran gas CO  
C. penguraian gas  $\text{NO}_2$   
D. pemanasan  $\text{KNO}_3$  dengan katalis Fe  
E. elektrolisis larutan NaOH
38. Belerang berada dalam dua bentuk. Bentuk I stabil di atas suhu  $95^\circ\text{C}$  dan bentuk II stabil di bawah suhu itu. Keadaan ini disebut ....  
A. monotrof  
B. enantiotrof  
C. isomorf  
D. polimorf  
E. alotrope
39. Teknik yang digunakan untuk memperoleh belerang dari alam adalah melalui proses ....  
A. kontak  
B. elektrolisis  
C. Frasch  
D. pengapungan  
E. kamar timbal
40. Proses pembuatan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  melalui pembentukan  $\text{SO}_3$  dengan katalis  $\text{V}_2\text{O}_5$  dinamakan proses ....  
A. kontak  
B. hidrolisis  
C. kamar timbal  
D. elektrolisis  
E. reduksi-oksidasi

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.**

1. Xenon diflorida dapat dihidrolisis dalam larutan basa menghasilkan xenon, ion florida, dan gas oksigen. Tuliskan persamaan kimia reaksi tersebut.
2. Bagaimanakah kecenderungan umum untuk (a) jari-jari atom; (b) energi ionisasi; (c) kerapatan gas; (d) titik didih dari atas ke bawah untuk golongan unsur-unsur gas mulia?
3. Mengapa klorin dapat bereaksi dengan ion hidroksida membentuk ion hipoklorit?  
 $\text{Cl}_2(g) + \text{OH}^-(aq) \longrightarrow \text{Cl}^-(aq) + \text{OCl}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$

4. Tuliskan persamaan kimia yang terjadi pada pembuatan  $F_2$ ,  $Cl_2$ ,  $Br_2$ , dan  $I_2$  secara komersial.
5. Dalam bentuk apakah, senyawa klorin dapat digunakan sebagai pemutih?
6. Tuliskan persamaan setara untuk reaksi yang terjadi dalam campuran berikut.
  - a.  $NaI(s)$  dan  $Cl_2(g)$
  - b.  $NaCl(s)$  dan  $Br_2(l)$
  - c.  $NaI(s)$  dan  $Br_2(l)$
  - e.  $NaF(s)$  dan  $I_2(s)$ .
7. Bagaimanakah natrium hidroksida diproduksi di industri? Apakah produk samping dari industri ini?
8. Tuliskan persamaan setara untuk reaksi berikut.
  - a.  $NaOH(s) \xrightarrow{\Delta}$
  - b.  $BeO(s) + NaOH(s) + H_2O(l) \longrightarrow$
  - c.  $NH_4Cl(aq) + Ca(OH)_2(s) \longrightarrow$
9. Aluminium diproduksi melalui proses elektrolisis. Tuliskan persamaan reaksi dalam elektrolisis dari bijihnya.
10. Jelaskan, mengapa silikon membentuk kovalen karbida, sedangkan kalsium membentuk ion karbida.
11. Detonator menginduksi ledakan termal amonium nitrat menghasilkan  $N_2(g)$ ,  $H_2O(g)$ , dan  $O_2(g)$ . Hitung volume total gas diukur pada tekanan 1 atm dan  $827^\circ C$  jika 1 kg  $NH_4NO_3$  diledakkan?
12. Jelaskan bagaimana membuat asam sulfat melalui proses kontak. Tuliskan persamaan kimia setara dari setiap tahap reaksinya.

# Bab 4



Sumber: [www.r-s.com](http://www.r-s.com)

Proyek pertambangan tembaga di pulau Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat.

## Unsur-Unsur Transisi Periode Keempat

### Hasil yang harus Anda capai:

memahami karakteristik unsur-unsur penting kegunaan dan bahayanya, serta terdapatnya di alam.

### Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

- mengidentifikasi kelimpahan unsur-unsur transisi di alam dan produk yang mengandung unsur tersebut.
- mendeskripsikan kecenderungan sifat fisik dan kimia unsur transisi (titik didih, titik leleh, kekerasan, warna, kelarutan, dan sifat khusus lainnya).
- menjelaskan manfaat, dampak dan proses pembuatan unsur-unsur dan senyawanya dalam kehidupan sehari-hari.

Banyak reaksi kimia yang menggunakan katalis untuk mempercepat terbentuknya produk. Untuk mensintesis bahan kimia esensial, seperti asam sulfat, asam nitrat, dan amonia diperlukan bantuan katalis. Tahukah Anda unsur-unsur apa yang biasa digunakan dalam katalis tersebut? Unsur-unsur transisi banyak diaplikasikan secara komersial sebagai katalis, terutama dalam reaksi kimia. Selain itu, unsur-unsur transisi berperan penting dalam proses alami biomolekul (hemoglobin) dan katalis dalam reaksi biokimia (enzim-enzim).

Unsur-unsur transisi dalam sistem periodik dikelompokkan sebagai unsur-unsur golongan B. Unsur-unsur ini berada pada periode keempat mulai dari skandium hingga tembaga. Bagaimanakah cara mengidentifikasi unsur-unsur transisi? Bagaimanakah kecenderungan sifat fisika dan kimia unsur transisi, seperti ikatan khas yang dibentuknya? Bagaimana pula pembuatan unsur atau senyawa transisi agar dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi? Anda akan mengetahuinya setelah mempelajari bab ini.

- A. Kecenderungan Periodik Unsur Transisi
- B. Senyawa Kompleks
- C. Sumber dan Kegunaan Unsur Transisi
- D. Pengolahan Logam (Metalurgi)

## Tes Kompetensi Awal

1. Mengapa unsur-unsur transisi diletakkan di antara golongan utama IIA dan IIIA dalam tabel periodik?
2. Apa perbedaan antara unsur-unsur golongan utama dan unsur-unsur golongan transisi dilihat dari konfigurasi elektronnya?
3. Bagaimanakah kecenderungan sifat periodik yang Anda ketahui dari unsur transisi?

## A. Kecenderungan Periodik Unsur Transisi

Di antara unsur golongan IIA dan IIIA terdapat sepuluh kolom unsur-unsur golongan B. Unsur-unsur tersebut dinamakan unsur transisi. Istilah transisi artinya peralihan, yaitu peralihan dari blok *s* ke blok *p*.

Unsur-unsur transisi didefinisikan sebagai unsur-unsur yang memiliki subkulit *d* atau subkulit *f* yang terisi sebagian. Misalnya, tembaga mempunyai konfigurasi elektron  $[\text{Ar}] 4s^1 3d^0$ . Unsur-unsur transisi yang lain ditunjukkan pada **Gambar 4.1**.

The diagram shows a portion of the periodic table with transition metals highlighted in grey. The highlighted elements include Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, La, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Rf, Db, Sg, Bh, Hs, and Mt. The groups are labeled as IIA, IIB, IIIB, IVB, VB, VIB, VIIB, VIIIB, VIII B, IB, and IIB. The lanthanide and actinide series are shown as separate rows below the main table.

**Gambar 4.1**  
Unsur-unsur transisi

Unsur-unsur transisi yang terdapat dalam blok *d* adalah unsur-unsur yang memiliki subkulit *d* yang belum terisi penuh. Akibatnya, unsur-unsur transisi memiliki beberapa sifat yang khas, yaitu:

1. Semua unsur transisi adalah logam keras dengan titik didih dan titik leleh tinggi.
2. Setiap unsur transisi memiliki beberapa bilangan oksidasi, kecuali unsur golongan IIB dan IIIB. Misalnya vanadium, memiliki bilangan oksidasi dari +2 sampai dengan +5.
3. Senyawa unsur transisi umumnya berwarna dan bersifat paramagnetik. Semua sifat-sifat akibat dari konfigurasi elektron pada orbital *d* belum terisi penuh. Beberapa sifat fisika unsur transisi ditunjukkan pada **Tabel 4.1**.

**Tabel 4.1** Beberapa Sifat Fisika Unsur Transisi Periode Keempat

Sifat Fisika	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
Titik leleh ( $^{\circ}\text{C}$ )	1.541	1.660	1.890	1.857	1.244	1.535	1.495	1.453	1.083
Titik didih ( $^{\circ}\text{C}$ )	2.831	3.287	3.380	2.672	1.962	2.750	2.870	2.732	2.567
Kepadatan ( $\text{g cm}^{-3}$ )	3,0	4,5	6,0	7,2	7,2	7,9	8,9	8,9	8,9
Keelektronegatifan	1,3	1,5	1,6	1,6	1,5	1,8	1,8	1,8	1,9
Jari-jari atom ( $\text{\AA}$ )	1,44	1,32	1,22	1,18	1,17	1,17	1,16	1,15	1,17
Jari-jari ion ( $\text{\AA}$ )	–	1,0	0,93	0,87	0,81	0,75	0,79	0,83	0,87

Sumber: Chemistry (Zumdahl, and Steven, S), 1989

## Kegiatan Inkuiri



Selidiki dengan saksama apakah senyawa unsur-unsur transisi mengikuti aturan oktet yang dikemukakan oleh Lewis?

### 1. Konfigurasi Elektron

Berdasarkan aturan membangun dari **Aufbau**, pengisian elektron dalam orbital  $d$  mulai terjadi setelah elektron menghuni orbital  $4s^2$  atau setelah atom kalsium,  ${}_{20}\text{Ca}$ :  $[\text{Ar}] 4s^2$ . Oleh karena itu, unsur-unsur transisi dimulai pada periode keempat dalam tabel periodik, sesuai dengan bilangan kuantum utama terbesar ( $4s 3d$ ).

Oleh karena orbital  $d$  maksimum dihuni oleh sepuluh elektron maka akan terdapat sepuluh unsur pada periode keempat, yaitu mulai dari Sc dengan konfigurasi elektron  $[\text{Ar}] 3d^1 4s^2$  sampai dengan Zn dengan konfigurasi elektron  $[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2$ . Konfigurasi elektron unsur-unsur transisi periode keempat dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

**Tabel 4.2** Konfigurasi Elektron Unsur-Unsur Transisi Periode Keempat

Nomor Atom	Lambang Unsur	Konfigurasi Elektron	Nomor Golongan pada Tabel Periodik
21	Sc	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$	IIIB
22	Ti	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$	IVB
23	V	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$	VB
24	Cr	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$	VIB
25	Mn	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$	VIB
26	Fe	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$	VIII
27	Co	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^2$	VIII
28	Ni	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$	VIII
29	Cu	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$	IB
30	Zn	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$	IIB

Menurut aturan Aufbau, konfigurasi elektron krom adalah  $[\text{Ar}]3d^4 4s^2$ , tetapi faktanya bukan demikian melainkan  $[\text{Ar}]3d^5 4s^1$ . Demikian juga pada konfigurasi elektron atom tembaga, yaitu  $[\text{Ar}]3d^{10} 4s^1$ . Hal ini disebabkan oleh kestabilan subkulit  $d$  yang terisi penuh atau setengah penuh.

## Kata Kunci

- Kekuatan ikatan antaratom logam
- Elektron yang tidak berpasangan

## Kegiatan Inkuiri



Apakah unsur seng (Zn) tergolong unsur transisi atau bukan? Diskusikan di kelas. Data tentang seng:

- dalam membentuk senyawa hanya memiliki biloks + 2;
- semua senyawa seng tidak berwarna;
- orbital- $d$ terisi penuh.

### 2. Titik Didih dan Titik Leleh

Berdasarkan **Tabel 4.1**, kenaikan titik leleh mencapai maksimum pada golongan VB (vanadium) dan VIB (kromium). Hal itu disebabkan oleh kekuatan ikatan antaratom logam, khususnya bergantung pada jumlah elektron yang tidak berpasangan di dalam subkulit  $d$ . Pada awal periode unsur transisi, terdapat satu elektron pada orbital  $d$  yang tidak



berpasangan. Jumlah elektron pada orbital  $d$  yang tidak berpasangan meningkat sampai dengan golongan VIB dan VIIB, setelah itu elektron pada orbital  $d$  mulai berpasangan sehingga titik didih dan titik leleh turun.

### 3. Jari-Jari Atom

Jari-jari atom menentukan sifat-sifat unsur. Pada **Tabel 4.1** tampak bahwa jari-jari atom menurun secara drastis dari skandium (1,44 Å) hingga vanadium (1,22 Å), kemudian berkurang secara perlahan. Penurunan ini akibat dari kenaikan muatan inti yang menarik elektron valensi lebih kuat.

Pada periode yang sama, dari kiri ke kanan jumlah proton bertambah, sedangkan kulit valensi tetap. Akibat bertambahnya jumlah proton, daya tarik muatan inti terhadap elektron valensi bertambah kuat sehingga ukuran atau jari-jari atom semakin kecil.

### Kegiatan Inkuiri



Jelaskan menggunakan teori lautan elektron bebas untuk menjelaskan kekuatan logam unsur-unsur transisi.

### 4. Sifat Logam

Semua unsur transisi merupakan unsur-unsur logam. Kulit terluar dari unsur-unsur transisi hanya mengandung satu atau dua elektron pada orbital  $4s$  sehingga mudah melepaskan elektron pada kulit terluarnya.

Sifat logam dari unsur-unsur transisi lebih kuat jika dibandingkan dengan sifat logam dari golongan utama. Hal ini disebabkan pada unsur-unsur transisi terdapat lebih banyak elektron bebas dalam orbital  $d$  yang tidak berpasangan.

Mengapa jumlah elektron yang belum berpasangan dapat dijadikan ukuran kekuatan logam? Semakin banyak elektron bebas dalam suatu atom logam memungkinkan ikatan antaratom semakin kuat sehingga sifat logam dari unsur itu juga semakin kuat.

Pengaruh nyata dari kekuatan ikatan antaratom pada logam transisi tercermin dari sifat kekerasan tinggi, kerapatan tinggi, titik didih dan titik leleh yang juga tinggi, serta sifat hantaran listrik yang lebih baik.

### 5. Bilangan Oksidasi

Umumnya, unsur-unsur transisi periode keempat memiliki biloks lebih dari satu. Hal ini disebabkan tingkat energi orbital  $s$  dan orbital  $d$  tidak berbeda jauh sehingga memungkinkan elektron-elektron pada kedua orbital itu digunakan melalui pembentukan orbital hibrida  $sp^3d^2$ . Biloks unsur-unsur transisi periode keempat ditunjukkan pada **Tabel 4.3**.

**Tabel 4.3** Bilangan Oksidasi Unsur Transisi Periode Keempat

IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII B			IB	IIB
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
<b>+3</b>	+2	+2	+2	<b>+2</b>	<b>+2</b>	<b>+2</b>	+1	+1	<b>+2</b>
	<b>+3</b>	<b>+3</b>	<b>+3</b>	<b>+3</b>	<b>+3</b>	<b>+3</b>	<b>+2</b>	<b>+2</b>	
	<b>+4</b>	<b>+4</b>	<b>+4</b>	<b>+4</b>	<b>+4</b>	<b>+4</b>	<b>+3</b>	<b>+3</b>	
		<b>+5</b>	+5	+5	+5				
			+5	<b>+6</b>	+6	+6			
				<b>+7</b>					

Sumber: Chemistry (Zumdahl, and Steven, S), 1989



Bilangan oksidasi yang stabil ditunjukkan dengan huruf tebal (*bold*)

The stabyl oxidation number is pointed by the bold letters.

Jika Anda simak **Tabel 4.3**, biloks maksimum sama dengan jumlah elektron valensi dalam orbital *s* dan orbital *d* atau sama dengan nomor golongan. Jadi, titanium (IVB) memiliki biloks maksimum + 4, vanadium (VB), kromium (VIB), dan mangan (VIIB) memiliki biloks maksimum berturut-turut + 5, + 6, dan + 7.

## 6. Warna Ion Logam Transisi

Suatu benda atau zat dikatakan berwarna jika ada cahaya yang jatuh kepadanya, khususnya cahaya tampak. Cahaya tampak adalah cahaya yang memiliki frekuensi berkisar di antara cahaya inframerah dan ultraviolet. Cahaya tampak terdiri atas cahaya merah-kuning-hijau-biru-ungu.

Kation logam unsur-unsur transisi umumnya berwarna. Hal ini disebabkan oleh adanya elektron tidak berpasangan dan tingkat energi orbital tidak berbeda jauh. Akibatnya, elektron mudah tereksitasi ke tingkat energi lebih tinggi menimbulkan warna tertentu.

Jika senyawa transisi baik padat maupun larutannya tersinari cahaya maka senyawa transisi akan menyerap cahaya pada frekuensi tertentu, sedangkan frekuensi lainnya diteruskan. Cahaya yang diserap akan mengeksitasi elektron ke tingkat energi lebih tinggi dan cahaya yang diteruskan menunjukkan warna senyawa transisi pada keadaan tereksitasi.

## 7. Sifat Magnet

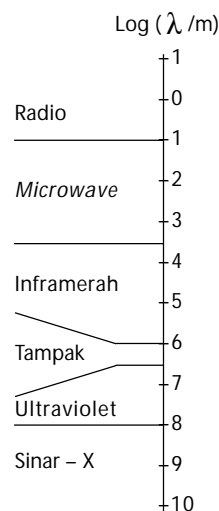
Jika suatu atom memiliki elektron yang tidak berpasangan, atom tersebut akan bersifat *paramagnetik*, artinya dapat dipengaruhi oleh medan magnet. Sebaliknya, jika suatu atom tidak memiliki elektron yang tidak berpasangan maka akan bersifat *diamagnetik*, artinya tidak dipengaruhi oleh medan magnet.

Unsur-unsur transisi baik sebagai unsur bebas maupun senyawanya pada umumnya memiliki elektron tidak berpasangan sehingga banyak unsur dan senyawa transisi bersifat paramagnetik. Semakin banyak elektron yang tidak berpasangan, semakin kuat sifat magnetnya.

Mengapa elektron yang tidak berpasangan dapat memiliki sifat magnet? Setiap elektron memiliki spin yang menghasilkan momen magnet. Momen magnet ini berperilaku seperti magnet.

Jika semua elektron berpasangan maka momen magnet elektron akan saling meniadakan sesuai aturan **Pauli** (jika elektron berpasangan, spinnya harus berlawanan) sehingga atom bersifat diamagnetik.

Jika elektron tidak berpasangan maka spin elektron yang menghasilkan momen magnet tidak ada yang meniadakan sehingga atom akan memiliki momen magnet dan bersifat paramagnetik.



**Gambar 4.2**

**Spektrum elektromagnetik**  
Cahaya tampak adalah salah satu bagian dari radiasi elektromagnetik.

### Kata Kunci

- Orbital hibrida
- Cahaya tampak
- Elektron tereksitasi
- Paramagnetik
- Diamagnetik
- Aturan Pauli
- Momen magnet

### Contoh 4.1

#### Sifat Unsur Transisi

Di antara unsur transisi periode keempat, manakah yang memiliki sifat magnet?

**Jawab:**

Suatu logam akan bersifat magnet jika memiliki elektron tidak berpasangan. Semakin banyak jumlah elektron yang tidak berpasangan, semakin kuat sifat magnetnya.

Berdasarkan penjelasan tersebut unsur-unsur transisi periode keempat yang memiliki sifat magnet adalah: Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni.

Kekuatan magnet dari unsur transisi adalah: Cr > Mn > Fe > V > Co.

## Kegiatan Inkuiri



Unsur-unsur golongan IIA memiliki elektron yang semuanya berpasangan, tetapi faktanya logam golongan IIA dapat bersifat paramagnetik pada suhu tinggi. Jelaskan fakta ini.

### Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Berapakah bilangan oksidasi Mn dalam senyawa  $\text{MnO}_2$  dan  $\text{KMnO}_4$ ?
2. Dalam setiap reaksi redoks, mungkinkah  $\text{KMnO}_4$  berperan sebagai reduktor? Jelaskan.
3. Senyawa A adalah suatu cairan tidak berwarna dengan titik leleh  $20^\circ\text{C}$ . Senyawa B adalah serbuk kuning-kehijauan dan meleleh pada  $1.406^\circ\text{C}$ . Manakah yang merupakan senyawa  $\text{VF}_3$  dan  $\text{VF}_5$ ?

## B. Senyawa Kompleks

Warna yang tampak dalam senyawa kimia tidak hanya menarik, tetapi juga memberikan pengetahuan tentang struktur dan ikatan di dalam senyawa. Logam-logam unsur transisi pada umumnya berwarna sehingga banyak digunakan, misalnya untuk pigmen cat atau kaca.

Mengapa senyawa-senyawa logam transisi berwarna dan berubah warnanya jika ion atau molekul yang terikat pada logam berubah? Pertanyaan tersebut dapat dijawab melalui pembahasan senyawa kompleks dari logam-logam unsur transisi.

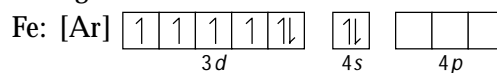
### 1. Ion Kompleks

Ion kompleks adalah senyawa ionik, di mana kation dari logam transisi berikatan dengan dua atau lebih anion atau molekul netral. Dalam ion kompleks, kation logam unsur transisi dinamakan *atom pusat*, dan anion atau molekul netral terikat pada atom pusat dinamakan *ligan* (Latin: *ligare*, artinya mengikat).

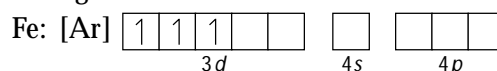
Menurut teori asam-basa Lewis, ion logam transisi menyediakan orbital d yang kosong sehingga berperan sebagai asam Lewis (akseptor pasangan elektron bebas) dan ion atau molekul netral yang memiliki pasangan elektron bebas untuk didonorkan berperan sebagai basa Lewis. Contoh ion kompleks adalah  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ .

Atom Fe bermuatan  $3+$  dengan konfigurasi elektron  $[\text{Ar}] 3d^6 4s^0$ . Oleh karena atom Fe dapat mengikat enam molekul  $\text{H}_2\text{O}$  (netral), atom Fe harus menyediakan enam buah orbital kosong. Hal ini dicapai melalui hibridisasi  $d^2sp^3$ . Proses hibridisasinya adalah sebagai berikut.

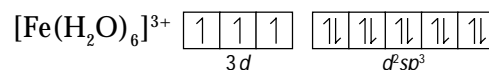
Konfigurasi atom Fe:



Konfigurasi dari ion  $\text{Fe}^{3+}$ :



Oleh karena memerlukan enam orbital kosong, hibridisasi yang terjadi adalah  $d^2sp^3$ , yakni 2 orbital dari  $3d$ , 1 orbital dari  $4s$ , dan 3 orbital dari  $4p$ . Keenam orbital  $d^2sp^3$  selanjutnya dihuni oleh pasangan elektron bebas dari atom O dalam molekul  $\text{H}_2\text{O}$ .



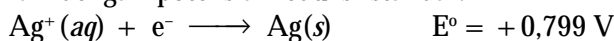
Molekul atau ion yang bertindak sebagai ligan, yang terikat pada atom pusat, sekurang-kurangnya harus memiliki satu pasang elektron valensi yang tidak digunakan, misalnya  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , dan  $\text{NH}_3$ , seperti ditunjukkan pada struktur Lewis **Gambar 4.3**.

Pada pembentukan ion kompleks, ligan dikatakan mengkoordinasi logam sebagai atom pusat. Ikatan yang terbentuk antara atom pusat dan ligan adalah *ikatan kovalen koordinasi*. Penulisan rumus kimia untuk ikatan koordinasi dalam senyawa kompleks digunakan tanda kurung siku.

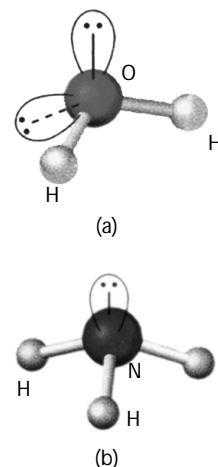
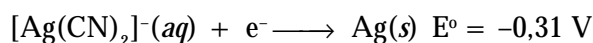
Jadi, dalam rumus  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  terdiri atas kation  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  dan anion  $\text{SO}_4^{2-}$ , dengan kation merupakan ion kompleks. Senyawa yang terbentuk dari ion kompleks dinamakan *senyawa kompleks* atau *koordinasi*.

Ion kompleks memiliki sifat berbeda dengan atom pusat atau ligan pembentuknya. Misalnya, pada ion kompleks  $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ , ion  $\text{SCN}^-$  tidak berwarna dan ion  $\text{Fe}^{3+}$  berwarna coklat. Ketika kedua spesi itu bereaksi membentuk ion kompleks,  $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$  warnanya menjadi merah darah.

Pembentukan kompleks juga dapat mengubah sifat-sifat ion logam, seperti sifat reduksi atau sifat oksidasi. Contohnya,  $\text{Ag}^+$  dapat direduksi oleh air dengan potensial reduksi standar:



Namun ion  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  tidak dapat direduksi oleh air sebab ion  $\text{Ag}^+$  sudah dikoordinasi oleh ion  $\text{CN}^-$  menjadi stabil dalam bilangan oksidasi +1.



**Gambar 4.3**

(a) Ligan  $\text{H}_2\text{O}$   
(b) Ligan  $\text{NH}_3$

## Kegiatan Inkuiri



- Gambarkan struktur orbital hibrida  $d^2sp^3$  dari ion  $\text{Fe}^{3+}$ . Selanjutnya, gambarkan struktur ion kompleks yang dibentuk dari ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  dalam ion  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ .
- Air tanah nonartesis pada waktu diisap oleh pompa biasanya bening, tetapi setelah dibiarkan beberapa lama air tersebut menjadi kuning. Hasil analisis air tersebut mengandung besi. Bagaimana Anda menerangkan gejala ini.

## 2. Muatan dan Bilangan Koordinasi

*Muatan ion kompleks adalah jumlah muatan atom pusat dan ligan.* Jika ligan suatu molekul netral, muatan ion kompleks berasal dari atom pusat. Pada senyawa  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ , muatan ion kompleks dapat dihitung jika muatan anion diketahui. Jika ion sulfat bermuatan  $2-$ , ion kompleks bermuatan  $2+$ , yaitu  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ . Jika ligan suatu molekul netral maka bilangan oksidasi atom pusat sama dengan muatan ion kompleks. Dalam ion  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ , biloks Cu sama dengan +2.

## Kata Kunci

- Atom pusat
- Ligan
- Teori asam-basa lewis
- Ikatan kovalen koordinasi
- Ion kompleks

## Contoh 4.2

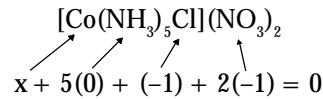
### Menentukan Bilangan Oksidasi

Berapakah biloks atom pusat dalam  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}](\text{NO}_3)_2$ ?

**Jawab:**

Gugus  $\text{NO}_3$  adalah anion nitrat, memiliki muatan  $1-$ ,  $\text{NO}_3^-$ . Ligan  $\text{NH}_3$  bersifat netral, sedangkan  $\text{Cl}$  suatu anion bermuatan  $1-$ .

Oleh karena senyawa koordinasi bermuatan netral maka jumlah semua muatan harus nol.



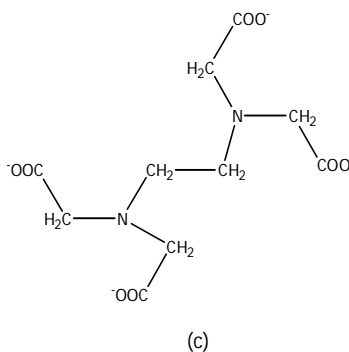
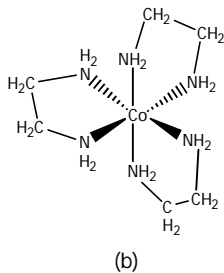
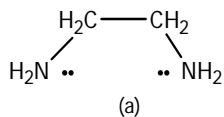
Jadi, biloks kobalt adalah +3.

Atom dalam ligan yang terikat langsung pada atom pusat dinamakan atom donor. Misalnya, ligan  $\text{NH}_3$  dalam ion kompleks  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$ . Atom nitrogen dalam  $\text{NH}_3$  adalah atom donor. Jumlah atom donor yang terikat pada atom pusat disebut *bilangan koordinasi* logam.

Berapakah bilangan koordinasi dalam ion  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$ ? Oleh karena ada dua atom nitrogen yang terikat langsung pada Ag maka atom perak memiliki bilangan koordinasi 2. Dalam ion  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]^+$ , krom memiliki bilangan koordinasi 6 sebab ada enam atom yang terikat langsung.

Bilangan koordinasi ion logam biasanya dipengaruhi oleh ukuran relatif ion logam dan ligan yang terikat. Jika ukuran ligan besar, boleh jadi hanya beberapa ligan yang terikat. Sebaliknya, jika ukuran ligan kecil maka jumlah ligan yang terikat pada ion logam lebih banyak. Contohnya, besi(III) dapat mengkoordinasi enam ion fluorida membentuk  $[\text{FeF}_6]^{3-}$ , tetapi dengan ion klorida (ion klorida lebih besar dari ion fluorida) hanya dapat mengkoordinasi sebanyak empat membentuk ion  $[\text{FeCl}_4]^-$ .

Ion kompleks yang memiliki bilangan koordinasi empat dapat berada dalam dua bentuk struktur, yaitu *tetrahedral* dan *segiempat datar*. Struktur tetrahedral lebih umum terdapat pada senyawa bukan transisi, sedangkan struktur segiempat datar banyak dijumpai dalam senyawa transisi, seperti pada platina(II) dan emas(III), juga beberapa ion kompleks dari tembaga.



**Gambar 4.4**

- (a) Struktur etilendiamin  
 (b) Struktur ion kompleks  $[\text{Co}(\text{en})_3]^{3+}$   
 (c) Struktur EDTA

### Contoh 4.3

#### Menentukan Muatan, Bilangan Koordinasi, dan Rumus Ion Kompleks

Tentukan muatan, bilangan koordinasi, dan rumus ion kompleks yang tersusun dari:

- atom pusat  $\text{Cu}^{2+}$  dan empat buah ligan  $\text{H}_2\text{O}$ .
- atom pusat  $\text{Fe}^{2+}$  dan enam buah ligan  $\text{CN}^-$ .

**Jawab:**

Muatan ion kompleks merupakan jumlah muatan atom pusat dan muatan ligan.

Bilangan koordinasi adalah jumlah atom donor yang terikat pada atom pusat secara langsung. Rumus ion kompleks dituliskan dalam kurung siku. Dengan demikian, dapat ditentukan bahwa:

- Bilangan koordinasi Cu = 4  
 Muatan ion kompleks =  $2 + 4(0) = +2$   
 Rumus ion kompleks adalah  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$
- Bilangan koordinasi Fe = 6  
 Muatan ion kompleks =  $2 + 6(-1) = -4$   
 Rumus ion kompleksnya adalah  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$

### 3. Ligan Polidentat (Senyawa Kelat)

Ligan yang telah dibahas sebelumnya, seperti  $\text{NH}_3$  dan  $\text{Cl}^-$  dinamakan *ligan monodentat* (bahasa Latin: satu gigi). Ligan-ligan ini memiliki atom donor tunggal yang dapat berkoordinasi dengan atom pusat.

Beberapa ligan dapat memiliki dua atau lebih atom donor yang dapat dikoordinasikan dengan ion logam sehingga dapat mengisi dua atau lebih orbital *d* ion logam. Ligan seperti itu dinamakan *ligan polidentat* (bahasa Latin: bergigi banyak).

Oleh karena ligan polidentat dapat mencengkeram ion logam dengan dua atau lebih atom donor, ligan polidentat juga dikenal sebagai *zat pengkelat*. Contoh ligan polidentat seperti etilendiamin (disingkat *en*) dengan rumus struktur pada **Gambar 4.4a**.

Ligan *en* memiliki dua atom nitrogen, masing-masing dengan sepasang elektron bebas yang siap didonorkan. Atom-atom donor ini harus saling berjauhan agar keduanya dapat mengkoordinasi ion logam membentuk kompleks dengan posisi berdampingan.

Ion kompleks  $[\text{Co}(\text{en})_3]^{3+}$  mengandung tiga ligan etilendiamin. Ion kompleks tersebut membentuk struktur koordinasi oktahedral dengan atom kobalt(III) sebagai atom pusatnya (**Gambar 4.4b**).

Zat pengkelat seperti EDTA pada **Gambar 4.4c** sering digunakan dalam analisis kimia, terutama dalam menentukan kadar ion kalsium dalam air. Ion EDTA<sup>4-</sup> memiliki enam atom donor (4 dari gugus COO<sup>-</sup>, 2 dari atom N). Dengan EDTA, tingkat kesadahan air dapat diukur. Dalam bidang kedokteran zat pengkelat sering digunakan untuk mengeluarkan ion logam, seperti Hg<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, dan Cd<sup>2+</sup>. Dalam sistem tubuh terdapat zat pengkelat, seperti *mioglobin* dan *oksihemoglobin*.

#### 4. Tata Nama Senyawa Kompleks

Tata nama senyawa kompleks disusun berdasarkan aturan **Alfred Werner**, pakar Kimia Swiss yang sudah bekerja meneliti senyawa kompleks lebih dari 60 tahun. Aturan penamaannya adalah sebagai berikut.

1. Tata nama untuk ligan bermuatan negatif ditambah akhiran *-o*, contoh:

Ligan	Nama	Ligan	Nama
F <sup>-</sup>	Fluoro	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrato
Cl <sup>-</sup>	Kloro	OH <sup>-</sup>	Hidroksa
Br <sup>-</sup>	Bromo	O <sup>2-</sup>	Okso
I <sup>-</sup>	Iodo	NH <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Amido
CN <sup>-</sup>	Siano	C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Oksalato
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Nitro	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Karbonato
ONO <sup>-</sup>	Nitrito		

2. Tata nama untuk ligan netral digunakan nama molekulnya, kecuali empat ligan yang sudah dikenal umum, seperti aqua (H<sub>2</sub>O), amina (NH<sub>3</sub>), karbonil (CO), dan nitrosil (NO).
3. Nama ligan diurut menurut alfabetis (urutan ligan adalah pertama nama ligan negatif, nama ligan netral, dan nama ligan positif).
4. Jika lebih dari satu ligan yang sama digunakan kata depan *di-* (dua), *tri-* (tiga), *tetra-* (empat), dan seterusnya.
5. Jika nama ligan dimulai dengan huruf vokal untuk ligan polidentat, penomoran menggunakan awalan *bis-* (dua), *tris-* (tiga), dan *tetrakis-* (empat).
6. Nama ligan dituliskan terlebih dahulu diikuti nama atom pusat.
7. Jika kompleks suatu kation atau molekul netral, nama atom pusat dituliskan sama seperti nama unsur dan diikuti oleh angka romawi dalam kurung yang menunjukkan bilangan oksidasinya.
8. Jika kompleks suatu anion, penulisan nama dimulai dari kation diikuti nama anion.



### Mahir Menjawab

Suatu ion kompleks mempunyai atom pusat Fe<sup>3+</sup>, dengan ligan molekul H<sub>2</sub>O dan ion S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>. Jika bilangan koordinasi = 6 maka rumus ion kompleks tersebut ....

- A.  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{S}_2\text{O}_3)_4]^{+5}$
- B.  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{S}_2\text{O}_3)]^{-2}$
- C.  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{S}_2\text{O}_3)_3]^{+3}$
- D.  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{-1}$
- E.  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})(\text{S}_2\text{O}_3)_5]^{-6}$

#### Pembahasan

Urutan penulisan ion kompleks:

1. atom pusat
2. ligan netral
3. ligan negatif

Muatan atom pusat Fe = 3+ (=biloks Fe)

Jadi jumlah ligan yang diikat = 6 (2 × biloks atom pusat).

Muatan ion kompleks = muatan atom pusat + (4 × muatan H<sub>2</sub>O) + (2 × muatan S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

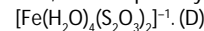
Muatan ion kompleks

$$= 3 + (4 \cdot 0) + (2 \cdot -2)$$

$$= 3 + 0 - 4$$

$$= -1$$

Jadi, ion kompleksnya:



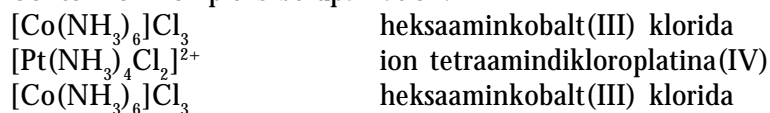
UNAS 2004

### Kata Kunci

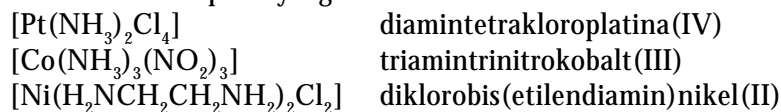
- Bentuk struktur tetrahedral
- Bentuk struktur segiempat datar
- Ligan monodentat
- Ligan polidentat
- Zat pengkelat

9. Jika kompleks suatu anion, akhiran *-at* ditambahkan kepada nama induk logam, diikuti angka romawi yang menyatakan bilangan oksidasi logam.

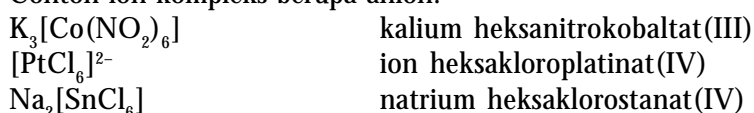
Contoh ion kompleks berupa kation:



Contoh ion kompleks yang netral:



Contoh ion kompleks berupa anion:



#### Contoh 4.4

##### Penamaan Senyawa Kompleks dari Rumusnya

Apakah nama senyawa berikut.

- (a)  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ ; (b)  $\text{K}_2[\text{Ni}(\text{CN})_4]$

**Jawab:**

- (a) Ion kompleks adalah suatu kation bermuatan 1+.

Ligan terdiri atas 4 molekul aqua (aturan 2) dan 2 ion kloro (aturan 1).

Penulisan ligan diurut secara alfabet: tetraaqua, diikuti dikloro. Jadi, tetraaquadikloro.

Nama ligan ditulis terlebih dahulu, kemudian nama atom pusat.

Dengan demikian, nama senyawa kompleks tersebut adalah tetraaqua-diklorokrom(III) klorida.

- (b) Ion kompleks berupa anion bermuatan 2-.

Dengan mengikuti aturan (8): kation ditulis terlebih dahulu, kemudian anion kompleks.

Menurut aturan (9): anion ditambah akhiran *-at* sehingga ditulis sebagai nikelat. Penulisan ligan mengikuti aturan di atas menjadi tetrasiano.

Dengan demikian, nama senyawa kompleks ditulis sebagai: kalium tetrasianonikelat(II).

#### Contoh 4.5

##### Menentukan Rumus Senyawa Kompleks dari Namanya

Tuliskan rumus untuk senyawa kompleks difluorobis(etilendiamin)kobalt(III) perklorat.

**Jawab:**

Ion kompleks mengandung dua ion fluorida, dua etilendiamin, dan kobalt dengan biloks + 3. Dengan demikian, ion kompleks adalah suatu kation yang bermuatan:

$$(\text{Co} + 2\text{en} + 2\text{Cl}^-) = +3 + 0 - 2 = 1+$$

Oleh karena jumlah total muatan ion kompleks 1+, ion perklorat bermuatan 1-. Dengan demikian, rumus senyawa kompleks tersebut adalah  $[\text{Co}(\text{en})_2\text{F}_2]\text{ClO}_4$ .

## Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

- Berapakah muatan senyawa kompleks yang dibentuk dari ion logam platina(II) yang mengikat dua molekul amonia dan dua ion bromin? Tuliskan rumus senyawa kompleksnya.
- Tentukan bilangan koordinasi, muatan, dan rumus ion kompleks yang tersusun dari krom(III) yang mengkoordinasi empat molekul air dan dua ion klorida.
- Tuliskan nama senyawa berikut: (a)  $[\text{Fe}(\text{NH}_3)_3\text{Br}_2]\text{NO}_3$ ; (b)  $(\text{NH}_4)_2[\text{CuBr}_4]$
- Tuliskan rumus untuk natrium diaquabisoksalatokobaltat(III).

## C. Sumber dan Kegunaan Unsur Transisi

Umumnya unsur-unsur transisi periode keempat terdapat dalam bentuk oksida, sulfida, dan karbonat. Hanya tembaga yang dapat ditemukan dalam keadaan bebas maupun dalam bentuk senyawanya. Hal ini disebabkan tembaga tergolong unsur logam yang relatif sukar dioksidasi.

Keberadaan unsur-unsur transisi dalam bentuk oksidasi dan sulfida disebabkan unsur-unsur logam yang berasal dari perut bumi terdesak menuju kerak bumi akibat tekanan magma. Selama dalam perjalanan menuju kerak bumi, unsur-unsur logam bereaksi dengan belerang atau oksigen yang terdapat di kerak bumi sehingga terbentuk mineral dari unsur-unsur transisi.

**Tabel 4.4** Sumber Mineral Unsur Transisi

Logam	Mineral	Komposisi
Titanium	Rutil	$\text{TiO}_2$
	Ilmenit	$\text{FeTiO}_3$
Vanadium	Vanadit	$\text{Pb}_3(\text{VO}_4)_2$
Kromium	Kromit	$\text{FeCr}_2\text{O}_4$
Mangan	Pirolusit	$\text{MnO}_2$
	Hematit	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
Besi	Magnetit	$\text{Fe}_3\text{O}_4$
	Pirit	$\text{FeS}$
	Siderit	$\text{FeCO}_3$
	Smaltit	$\text{CoAs}_2$
Kobalt	Kobaltit	$\text{CoAsS}$
	Nikelit	$\text{NiS}$
Nikel	Kalkosit	$\text{Cu}_2\text{S}$
	Kalkofirit	$\text{CuFeS}$
	Malasit	$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$
Tembaga	Spalerit	$\text{ZnS}$

Sumber: *General Chemistry*, 1990

Oleh sebab itu, mineral dari logam-logam transisi pada umumnya dalam bentuk oksida atau sulfida dan sebagian dalam bentuk senyawa karbonat. Jika dilihat pada **Tabel 4.4**, tampak bahwa bentuk oksida merupakan mineral paling banyak ditemukan di alam sebab hampir semua material alam mengandung oksigen.

Mineral dapat dijadikan sumber material untuk memproduksi bahan-bahan komersial yang disebut *bijih logam*. Sumber bijih logam tersebar di berbagai wilayah Indonesia, seperti ditunjukkan pada **Tabel 4.5**.



### Mahir Menjawab

Rutil, pirolusit, hematit, dan milerit masing-masing rumus molekulnya adalah ....

- $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{NiS}$ ,  $\text{ZnS}$
- $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CuS}$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{CuFeS}_2$
- $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NiS}$
- $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{ZnCO}_3$
- $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NiS}$ ,  $\text{ZnS}$

#### Pembahasan

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  : hematit  
 $\text{MnO}_2$  : pirolusit  
 $\text{NiS}$  : milerit  
 $\text{ZnS}$  : spakrit  
 $\text{Cu}_2\text{S}$  : kalkosit  
 $\text{CuFeS}_2$  : kalkopirit  
 $\text{TiO}_2$  : rutil  
 $\text{ZnCO}_3$  : smitsonit  
 $\text{KMnO}_4$  : kalium permanganat  
 Jadi, rumus molekulnya adalah  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{NiS}$ . (C)

UNAS 2004



**Tabel 4.5** Sumber Bijih Logam di Berbagai Daerah di Indonesia

Logam	Mineral	Rumus	Daerah
Besi	Hematit	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	Kalimantan Barat Sumatra Barat Sumatra Selatan Sulawesi Tengah
	Magnetit	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	
	Siderit	$\text{FeCO}_3$	
	Pirit	$\text{FeS}_2$	
Nikel	Nikelit	$\text{NiS}$	Sulawesi Tengah Sulawesi Tengah
	Garnerit	$\text{H}_2(\text{NiMg})\text{SiO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	
Tembaga	Kalkopirit	$\text{CuFeS}_2$	Pegunungan Jayawijaya; Kalimantan Barat

### Kegiatan Inkuiri



Jika di suatu daerah terdapat sumber tembaga, biasanya logam mulia lain, seperti emas juga cukup melimpah. Cari informasi berapa kadar emas di pertambangan Freeport Provinsi Papua.

#### 1. Skandium (Sc)

Scandium adalah unsur yang jarang terdapat di alam. Walaupun ada, umumnya terdapat dalam bentuk senyawa dengan biloks + 3. Misalnya,  $\text{ScCl}_3$ ,  $\text{Sc}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Sc}_2(\text{SO}_4)_3$ .

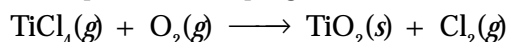
Sifat-sifat senyawa skandium semuanya mirip, tidak berwarna dan bersifat diamagnetik. Hal ini disebabkan dalam semua senyawanya skandium memiliki konfigurasi elektron ion  $\text{Sc}^{3+}$ , sedangkan sifat warna dan kemagnetan ditentukan oleh konfigurasi elektron dalam orbital *d*. Logam skandium dibuat melalui elektrolisis lelehan  $\text{ScCl}_3$ . Dalam jumlah kecil, scandium digunakan sebagai filamen lampu yang memiliki intensitas tinggi.

#### 2. Titanium (Ti)

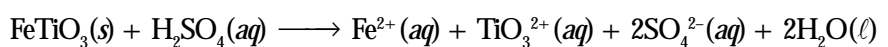
Titanium merupakan unsur yang tersebar luas dalam kulit bumi (sekitar 0,6% massa kulit bumi). Oleh karena kerapatan titanium relatif rendah dan kekerasan tinggi, titanium banyak dipakai untuk bahan struktural, terutama pesawat terbang bermesin jet, seperti Boeing 747. Mesin pesawat terbang memerlukan bahan yang bermassa ringan, keras, dan stabil pada suhu tinggi. Selain ringan dan tahan suhu tinggi, logam titanium tahan terhadap cuaca sehingga banyak digunakan untuk material, seperti pipa, pompa, tabung reaksi dalam industri kimia, dan mesin mobil.

Umumnya, senyawa titanium digunakan sebagai pigmen warna putih. Titanium(IV) oksida merupakan material padat yang digunakan sebagai pigmen putih dalam kertas, cat, plastik, fiber sintetik, dan kosmetik.

Sumber utama titanium(IV) oksida adalah bijih *rutil* (matrik  $\text{TiO}_2$ ) dan *ilmenit* ( $\text{FeTiO}_3$ ). Rutil diolah dengan klorin membentuk  $\text{TiCl}_4$  yang mudah menguap, kemudian dipisahkan dari pengotor dan dibakar menjadi  $\text{TiO}_2$ .



Ilmenit diolah dengan asam sulfat membentuk senyawa sulfat yang mudah larut dalam air.



Campuran hasil reaksi dimasukkan ke dalam vakum agar terbentuk  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  padat yang mudah dikeluarkan. Sisa campuran dipanaskan menjadi titanium(IV) oksida hidrat ( $\text{TiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), selanjutnya hidrat dikeluarkan melalui pemanasan membentuk  $\text{TiO}_2$  murni.



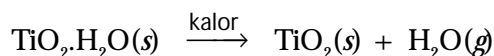
### Sekilas Kimia

#### Titanium: Logam Berteknologi Tinggi

*Titanium* merupakan logam yang keras, kuat, tahan panas (titik leleh  $1.668^\circ\text{C}$ ), dan memiliki densitas rendah ( $4,51 \text{ g cm}^{-3}$ ). Titanium seperti baja, tetapi 45% lebih ringan. Titanium dua kali lebih kuat daripada aluminium, tetapi 60% lebih berat. Titanium akan menjadi lebih kuat jika membentuk *alloy* dengan aluminium dan vanadium. Sifat ini menjadikan titanium sebagai pilihan yang tepat untuk bahan pada aplikasi penerbangan, seperti rangka dan mesin pesawat.

Titanium merupakan logam tahan karat karena permukaannya dilindungi lapisan tipis oksidanya. Titanium tidak bereaksi dengan air laut, asam nitrat, larutan NaOH panas, bahkan terhadap larutan gas klorin.

Sumber: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)



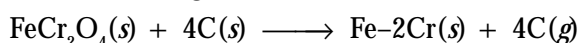
Senyawa titanium(III) dapat diperoleh melalui reduksi senyawa titan yang memiliki biloks +4. Dalam larutan air,  $\text{Ti}^{3+}$  terdapat sebagai ion  $\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$  berwarna ungu, yang dapat dioksidasi menjadi titanium(IV) oleh udara. Titanium(II) tidak stabil dalam bentuk larutan, tetapi lebih stabil dalam bentuk oksida padat sebagai  $\text{TiO}$  atau sebagai senyawa halida  $\text{TiX}_2$ .

### 3. Vanadium (V)

Vanadium tersebar di kulit bumi sekitar 0,02% massa kulit bumi. Sumber utama vanadium adalah *vanadit*,  $\text{Pb}_3(\text{VO}_4)_2$ . Vanadium umumnya digunakan untuk paduan dengan logam besi dan titanium. Vanadium(V) oksida digunakan sebagai katalis pada pembuatan asam sulfat. Logam vanadium murni diperoleh melalui reduksi elektrolitik leburan garam  $\text{VCl}_2$ . Logam vanadium menyerupai baja berwarna abu-abu dan bersifat keras serta tahan korosi. Untuk membuat paduan tidak perlu logam murninya. Contohnya, *ferrovanadium* dihasilkan melalui reduksi campuran  $\text{V}_2\text{O}_5$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  oleh aluminium, kemudian ditambahkan besi untuk membentuk baja vanadium, baja sangat keras yang digunakan pada bagian mesin dan poros as.

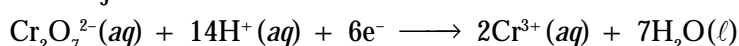
### 4. Kromium (Cr)

Bijih kromium paling murah adalah kromit,  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ , yang dapat direduksi oleh karbon menghasilkan *ferrokrom*.



Logam kromium banyak digunakan untuk membuat pelat baja dengan sifat keras, getas, dan dapat mempertahankan permukaan tetap mengkilap dengan cara mengembangkan lapisan film oksida.

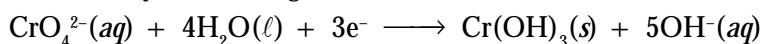
Kromium dapat membentuk senyawa dengan biloks +2, +3, +6. Kromium(II) dalam air merupakan reduktor kuat. Kromium(VI) dalam larutan asam tergolong oksidator kuat. Misalnya, ion dikromat ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) dapat direduksi menjadi ion  $\text{Cr}^{3+}$ :



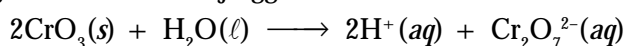
**Tabel 4.6** Senyawa Kromium dan Biloksinya

Biloks	Senyawa
+2	$\text{CrX}_2$
+3	$\text{CrX}_3$ , $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , dan $\text{Cr}(\text{OH})_3$
+6	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ , dan $\text{CrO}_3$

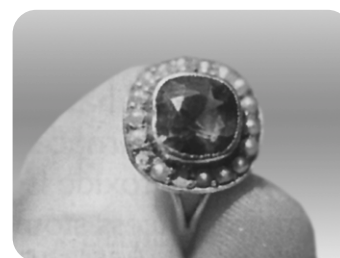
Dalam larutan basa, kromium(VI) terdapat sebagai ion kromat, tetapi daya oksidatornya berkurang.



Kromium(VI) oksida ( $\text{CrO}_3$ ) larut dalam air membentuk larutan asam kuat yang berwarna merah-jingga:



Campuran krom(VI) oksida dan asam sulfat pekat digunakan sebagai pembersih untuk menghilangkan bahan organik pada alat-alat laboratorium. Akan tetapi, larutan ini bersifat karsinogen (berpotensi menimbulkan kanker).



Sumber: *Chemistry for You*, 2001

**Gambar 4.5**

Warna hijau emerald pada batu perhiasan disebabkan adanya ion  $\text{Cr}^{3+}$ .



## Sekilas Kimia

### Tambang Logam Transisi Di Indonesia

Kekayaan alam Indonesia sangat berpotensi dan bernilai ekonomi tinggi. Tahukah Anda bahwa Indonesia merupakan salah satu negara terbesar penghasil *tembaga*? Yaitu ketiga terbesar di dunia setelah Amerika Serikat dan Chili. Selain tembaga, Indonesia juga memproduksi *nikel, mangan, bijih besi, dan emas* dengan jumlah yang besar. Mineral-mineral dan produk yang berhubungan dengannya merupakan 19% dari total ekspor negara Indonesia. Di antara mineral tersebut, emas sebagai pendapatan tertinggi Indonesia. Produksi terbesar emas berasal dari Papua.

Sumber: Encarta: Reference Library, 2005; www.mpi.org.au

## 5. Mangan (Mn)

Mangan relatif melimpah di alam (0,1% kulit bumi). Salah satu sumber mangan adalah batuan yang terdapat di dasar lautan dinamakan *pirolusit*. Suatu batuan yang mengandung campuran mangan dan oksida besi. Kegunaan umum mangan adalah untuk membuat baja yang digunakan untuk mata bor (pemboran batuan).

Mangan terdapat dalam semua biloks mulai dari +2 hingga +7, tetapi umumnya +2 dan +7. Dalam larutan,  $Mn^{2+}$  membentuk  $Mn(H_2O)_6^{2+}$ , yang berwarna merah muda. Mangan(VII) terdapat sebagai ion permanganat ( $MnO_4^-$ ) yang banyak digunakan sebagai pereaksi analitik. Beberapa jenis mangan yang umum ditunjukkan pada **Tabel 4.7**.

**Tabel 4.7** Senyawa Mangan dan Biloksnnya

Biloks	Senyawa
+2	$Mn(OH)_2$ , $MnS$ , $MnSO_4$ , dan $MnCl_2$
+4	$MnO_2$
+7	$KMnO_4$

## 6. Besi (Fe)

Besi merupakan logam yang cukup melimpah dalam kulit bumi (4,7%). Besi murni berwarna putih kusam yang tidak begitu keras dan sangat reaktif terhadap zat oksidator sehingga besi dalam udara lembap teroksidasi oleh oksigen dengan cepat membentuk karat.

**Tabel 4.8** Senyawa Besi dan Biloksnnya

Biloks	Senyawa
+2	$FeS$ , $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ , dan $K_4Fe(CN)_6$
+3	$FeCl_3$ , $Fe_2O_3$ , $K_3[Fe(CN)_6]$ , dan $Fe(SCN)_3$
Campuran +2 dan +3	$Fe_3O_4$ dan $KFe[Fe(CN)_6]$

Di dalam air, garam besi(II) berwarna hijau terang akibat membentuk ion  $Fe(H_2O)_6^{2+}$ . Besi(III) dalam bentuk ion  $Fe(H_2O)_6^{3+}$  tidak berwarna, tetapi larutan garamnya berwarna kuning-cokelat akibat terbentuknya ion  $Fe(OH)(H_2O)_5^{2+}$  yang bersifat basa.

## 7. Kobalt (Co)

Walaupun kobalt relatif jarang terdapat di alam, tetapi dapat ditemukan dalam bijih *smaltit* ( $CoAs_2$ ) dan *kobaltit* ( $CoAsS$ ) dalam kadar yang memadai jika diproduksi secara ekonomis. Kobalt bersifat keras, berwarna putih kebiruan, dan banyak digunakan untuk membuat paduan, seperti baja perak (*stainless steel*). Baja perak merupakan paduan antara besi, tembaga, dan tungsten yang digunakan dalam instrumentasi dan alat-alat kedokteran (**Gambar 4.6**).

Kobalt utamanya memiliki biloks +2 dan +3, walaupun senyawa kobalt dengan biloks 0, +1, dan +4 juga dikenal. Larutan garam kobalt(II) mengandung ion  $Co(H_2O)_6^{2+}$  yang memberikan warna merah muda. Kobalt dapat membentuk berbagai senyawa koordinasi, seperti ditunjukkan pada **Tabel 4.9**.



Sumber: Chemistry for You, 2001

**Gambar 4.6**

Isotop kobalt digunakan untuk perawatan pasien kanker.

**Tabel 4.9** Senyawa Kobalt dan Biloksinya

Biloks	Senyawa
+ 2	CoSO <sub>4</sub> , [Co(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ]Cl <sub>2</sub> , [Co(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ](NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , dan CoS
+ 3	CoF <sub>3</sub> , Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>3</sub> [Co(CN) <sub>6</sub> ], dan [Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ]Cl <sub>3</sub>

## 8. Nikel (Ni)

Kelimpahan nikel dalam kulit bumi berada pada peringkat ke-24, terdapat dalam bijih bersama-sama dengan arsen, antimon, dan belerang. Logam nikel berwarna putih seperti perak dengan konduktivitas termal dan listrik tinggi, tahan terhadap korosi, dan digunakan untuk melapisi logam yang lebih reaktif. Nikel juga digunakan secara luas dalam bentuk paduan dengan besi membentuk baja.

Senyawa nikel umumnya memiliki biloks + 2. Larutan garam nikel(II) dalam air mengandung ion Ni(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub><sup>2+</sup> yang berwarna hijau emerald. Senyawa koordinasi nikel(II) dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

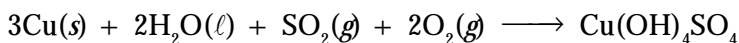
**Tabel 4.10** Senyawa Nikel dan Biloksinya

Biloks	Senyawa
+ 2	NiCl <sub>2</sub> , [Ni(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ]Cl <sub>2</sub> , NiS, NiO, Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , [Ni(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ]SO <sub>4</sub>

## 9. Tembaga (Cu)

Tembaga memiliki sifat konduktor listrik sangat baik sehingga banyak digunakan sebagai penghantar listrik, misalnya untuk kabel listrik (**Gambar 4.8**). Selain itu, tembaga tahan terhadap cuaca dan korosi.

Walaupun tembaga tidak begitu reaktif, tetapi dapat juga terkorosi. Warna kemerah-merahan dari tembaga berubah menjadi kehijau-hijauan akibat terkorosi oleh udara membentuk *patina*.



**Tabel 4.11** Senyawa Tembaga dan Biloksinya

Biloks	Senyawa
+ 1	Cu <sub>2</sub> O, Cu <sub>2</sub> S, dan CuCl
+ 2	CuO, CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O, CuCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O, dan [Cu(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ](NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>

Tembaga dalam jumlah sedikit diperlukan oleh tubuh sebagai perunut, tetapi dalam jumlah besar sangat beracun. Oleh karena beracun, garam tembaga digunakan untuk membunuh jamur, bakteri, dan alga.

### Kegiatan Inkuiri

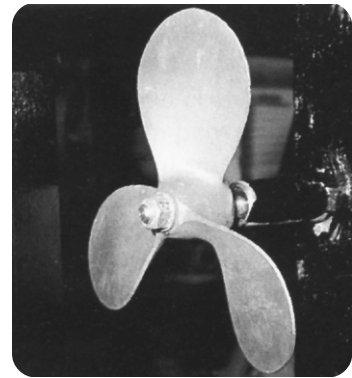


Di antara logam unsur-unsur transisi periode 4, manakah yang tergolong bersifat racun bagi makhluk hidup? Bagaimana dampak yang ditimbulkan oleh logam tersebut? Diskusikan dalam kelas.

### Tes Kompetensi Subbab C

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

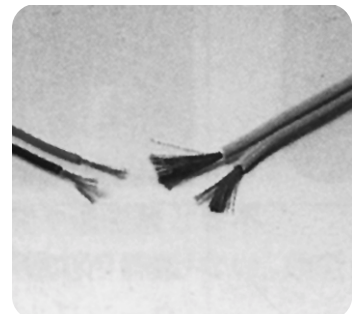
1. Tuliskan sumber mineral unsur transisi yang Anda ketahui.
2. Jelaskan kegunaan unsur transisi dalam bidang industri.



Sumber: Chemistry for You, 2001

**Gambar 4.7**

Paduan logam nikel dengan tembaga membentuk alloy yang disebut *monel*, digunakan untuk membuat baling-baling kapal laut.



Sumber: Sougou Kagashi

**Gambar 4.8**

Tembaga digunakan untuk kabel listrik.

## D. Pengolahan Logam (Metalurgi)

*Aplikasi pengetahuan dan teknologi dalam pengolahan bijih sampai menjadi logam* dinamakan metalurgi. Proses ini melibatkan tahap pengolahan awal atau pemekatan, reduksi bijih logam menjadi logam bebas, dan pemurnian logam (lihat **Gambar 4.9**).

### 1. Pengolahan awal (pemekatan)

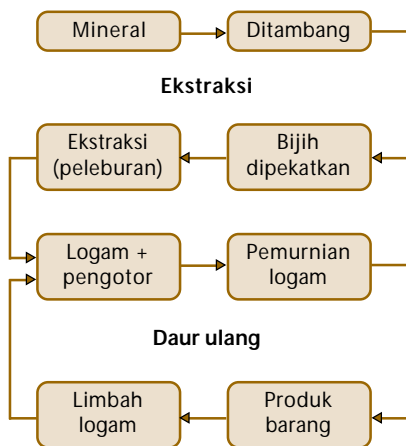
Bijih logam yang masih mengandung pengotor dihancurkan dan digiling hingga terbentuk partikel-partikel berukuran kecil. Material yang tidak diperlukan dikeluarkan dengan cara magnetik atau metode pengapungan (flotasi) hingga terbentuk bijih murni.

### 2. Pengeringan dan pembakaran

Bijih murni dikeringkan dan dilebur (direduksi). Proses reduksi dalam industri logam disebut peleburan (*melting*). Pada proses tersebut bijih murni direduksi dari oksidanya menjadi logam bebas.

### 3. Pemurnian

Logam yang diperoleh pada tahap pengeringan dan pembakaran masih mengandung pengotor sehingga perlu dilakukan pemurnian. Beberapa metode pemurnian di antaranya elektrolisis (nikel dan tembaga), distilasi (seng dan raksa), dan peleburan ulang (besi).



**Gambar 4.9**  
Proses ekstraksi dan daur ulang logam

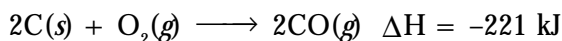
### 1. Pirometalurgi Besi

Sejumlah besar proses metalurgi menggunakan suhu tinggi untuk mengubah bijih logam menjadi logam bebas dengan cara reduksi. Penggunaan kalor untuk proses reduksi disebut *pirometalurgi*.

Pirometalurgi diterapkan dalam pengolahan bijih besi. Reduksi besi oksida dilakukan dalam tanur sembur (*blast furnace*), yang merupakan reaktor kimia dan beroperasi secara terus-menerus (**Gambar 4.10**).

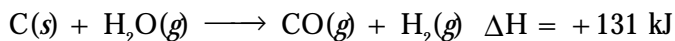
Campuran material (bijih besi, kokas, dan kapur) dimasukkan ke dalam tanur melalui puncak tanur. Kokas berperan sebagai bahan bakar dan sebagai reduktor. Batu kapur berfungsi sebagai sumber oksida untuk mengikat pengotor yang bersifat asam.

Udara panas yang mengandung oksigen disemburkan ke dalam tanur dari bagian bawah untuk membakar kokas. Di dalam tanur, oksigen bereaksi dengan kokas membentuk gas CO.



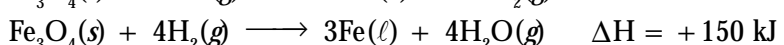
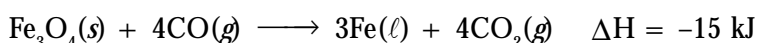
Reaksinya melepaskan kalor hingga suhu tanur sekitar 2.300°C.

Udara panas juga mengandung uap air yang turut masuk ke dalam tanur dan bereaksi dengan kokas membentuk gas CO dan gas H<sub>2</sub>.



Reaksi kokas dan oksigen bersifat eksoterm, kalor yang dilepaskan dipakai untuk memanaskan tanur, sedangkan reaksi dengan uap air bersifat endoterm. Oleh karena itu, uap air berguna untuk mengendalikan suhu tanur agar tidak terlalu tinggi ( $\pm 1.900^\circ\text{C}$ ).

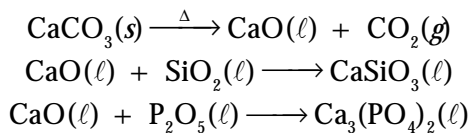
Pada bagian atas tanur ( $\pm 1.000^\circ\text{C}$ ), bijih besi direduksi oleh gas CO dan H<sub>2</sub> (hasil reaksi udara panas dan kokas) membentuk besi tuang. Persamaan reaksinya:



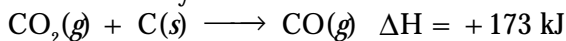
Kokas adalah batu bara yang dipanaskan tanpa udara, mengandung 80%–90% karbon.

*Kokas is heated coal without air, containing 80–90% carbon.*

Batu kapur yang ditambahkan ke dalam tanur, pada  $\pm 1.000^{\circ}\text{C}$  terurai menjadi kapur tohor. Kapur ini bekerja mereduksi pengotor yang ada dalam bijih besi, seperti pasir atau oksida fosfor.



Gas  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan dari penguraian batu kapur pada bagian bawah tanur (sekitar  $1.900^{\circ}\text{C}$ ) direduksi oleh kokas membentuk gas  $\text{CO}$ . Persamaan reaksinya:



Oleh karena bersifat endoterm, panas di sekitarnya diserap hingga mencapai suhu  $\pm 1.500^{\circ}\text{C}$ .

Besi tuang hasil olahan berkumpul di bagian dasar tanur, bersama-sama terak (pengotor). Oleh karena terak lebih ringan dari besi tuang, terak mengapung di atas besi tuang dan mudah dipisahkan, juga dapat melindungi besi tuang dari oksidasi (lihat **Gambar 4.11**).

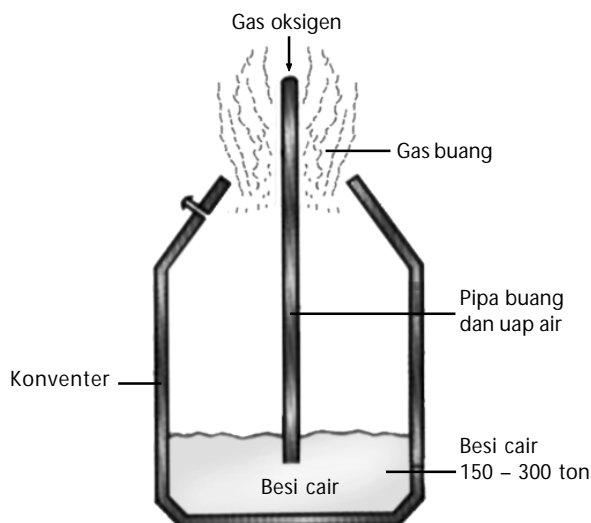
### a. Pembuatan Baja

Baja merupakan paduan (alloy) yang digolongkan sebagai baja karbon (kandungan karbon di atas 1,5%) yang mengandung logam lain, seperti Cr, Co, Mn, dan Mo. Sifat-sifat mekanik baja ditentukan oleh komposisi kimianya.

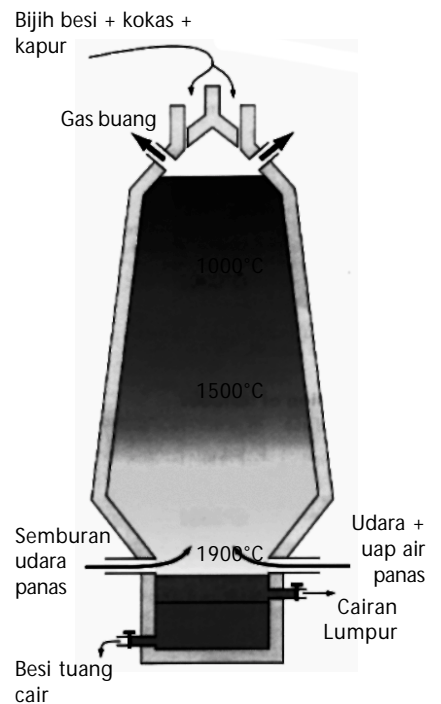
Pengolahan besi dari bijihnya merupakan proses reduksi. Akan tetapi, perubahan besi menjadi baja merupakan proses oksidasi untuk mengeluarkan pengotor.

Oksidasi besi dilakukan dengan berbagai cara, tetapi dua cara umum yang biasa digunakan pada pembuatan baja adalah proses perapian terbuka (*open hearth*) dan proses Bessemer (*basic oxygen*).

#### 1) Proses Bessemer



Pada proses ini, besi cair hasil dari tanur sembur dimasukkan ke dalam reaktor silinder. Udara panas disemburkan dari lubang-lubang pipa untuk mengoksidasi karbon dan zat pengotor yang masih tersisa.



**Gambar 4.10**  
Skema pirometalurgi besi



Sumber: Chemistry (McMurry), 2001

**Gambar 4.11**  
Besi tuang dari tanur sembur dipindahkan ke tungku *basic* oksigen dijadikan baja karbon.

**Gambar 4.12**  
Skema reaktor Bessemer



## Sekilas Kimia

Henry Bessemer  
(1813–1898)



Sumber: Jendela IPTEK: Kimia, 1997

Dia berperan besar dalam usaha mempercepat *proses pembuatan baja* pada pertengahan abad 19 dengan konvertnya yang terkenal. Udara ditiupkan ke seluruh lelehan besi glubal (bijih besi yang telah dipanaskan dalam tanur dengan batu bara atau kayu). Besi murni yang masih meleleh, dituang dari konverter dan ditambahkan sejumlah tertentu karbon dan logam, seperti *nikel, mangan, atau kromium*. Zat tambahan ini mengubah lelehan besi menjadi *baja*, yaitu alloy yang sangat terkenal karena kekuatannya.

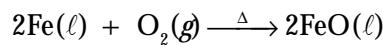
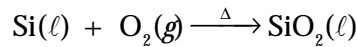
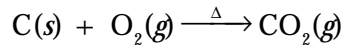


Sumber: www.nusaweb.com

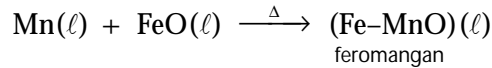
**Gambar 4.13**

Baja *stainless steel* (Fe 72%, Cr 19%, dan Ni 9%) banyak digunakan untuk peralatan rumah tangga dan alat kedokteran.

Persamaannya:



Untuk mereduksi kembali FeO yang turut teroksidasi, ditambahkan logam mangan. Reaksi yang terjadi:



Baja jenis feromangan mutunya kurang baik dan harganya relatif murah. Baja feromangan biasanya dipakai untuk membuat kerangka beton bangunan, pipa ledeng, dan kawat pagar.

### 2) Proses Perapian Terbuka

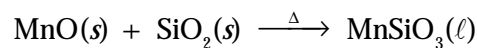
Pada proses perapian terbuka digunakan reaktor serupa mangkuk yang memuat sekitar 100–200 ton besi cair. Untuk menjaga besi tetap cair maka atap wadah dibentuk cembung agar dapat memantulkan kalor ke arah permukaan besi cair.

Semburan udara panas mengandung oksigen dilewatkan melalui permukaan besi dan bereaksi dengan pengotor. Si dan Mn dioksidasi pertama kali menjadi terak, diikuti oleh oksidasi karbon menjadi CO yang menimbulkan agitasi dan busa di atas mangkuk.

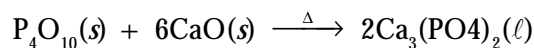
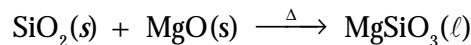
Oksidasi termal karbon meningkatkan suhu dalam mangkuk yang menyebabkan fluks batu kapur *terkalsinasi* menghasilkan kapur tohor yang mengambang di atas lelehan. Kapur ini bergabung dengan fosfat, sulfat, silikat, dan pengotor lain. Kalsinasi adalah proses pemanasan di bawah titik leleh zat untuk menghilangkan pengotor.

#### b. Tahap Penghalusan Baja Karbon

Tahap penghalusan melibatkan oksidasi karbon dan pengotor secara terus-menerus. Pengotor seperti Mn, P, dan Si bereaksi dengan oksigen membentuk oksida, dan direaksikan kembali dengan suatu fluks. Jenis fluks bergantung pada pengotor. Jika pengotor adalah mangan (basa) maka fluks yang bersifat asam ditambahkan (silika).



Jika pengotor silikon atau fosfor (asam) maka fluks yang bersifat basa ditambahkan (CaO atau MgO):



Sebelum dikeluarkan dari tanur, logam lain, seperti Co, Cr, Ni, V, atau W dapat ditambahkan pada baja agar menghasilkan paduan yang memiliki sifat-sifat tertentu.

## 2. Metalurgi Tembaga

Langkah-langkah pada pengolahan tembaga tidak berbeda dengan pengolahan besi, melibatkan tiga tahap, yaitu pemekatan, proses reduksi, dan pemurnian.

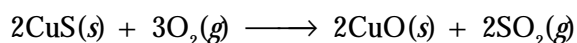
### a. Tahap Pemekatan

Proses pemekatan tembaga dari bijihnya dilakukan dengan cara pengapungan (flotasi), seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.14**. Pada proses ini, bijih dihancurkan menjadi serbuk, kemudian dicampurkan dengan zat pengapung, dan udara dialirkan hingga berbusa. Zat pengapung berupa surfaktan (memiliki ujung polar dan nonpolar), misalnya saponin.

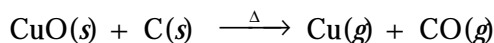
Partikel-partikel yang terbasahi oleh air seperti pengotor berada di dasar tanki. Adapun partikel yang tidak terbasahi menempel pada busa dan mengapung di atas permukaan tanki.

### b. Proses Reduksi

Setelah bijih tembaga dipekatkan (tembaga sulfida), kemudian direduksi dengan cara pemanggangan. Reaksi yang terjadi:



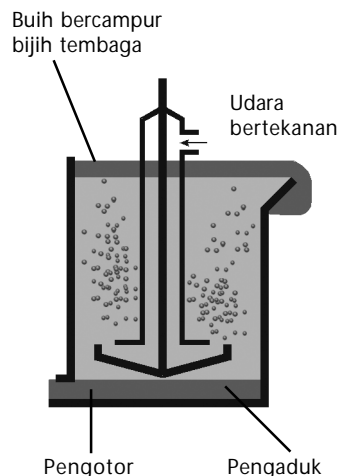
Pemanggangan bersifat eksoterm sehingga setelah pemanggangan dimulai tidak perlu ditambahkan panas lagi. Untuk memperoleh logam tembaga dilakukan dengan cara reduksi tembaga oksida dengan karbon sebagai reduktor:



Uap logam tembaga meninggalkan reaktor dan terkondensasi menjadi cair, yang selanjutnya memadat. Hidrogen dan logam aktif, seperti natrium, magnesium, dan aluminium juga digunakan sebagai reduktor jika karbon yang dipakai tidak cocok. Hasil reduksi pada tahap ini dinamakan tembaga *blister* yang kemurniannya mencapai 98%. Untuk kebutuhan penghantar listrik, tembaga harus dimurnikan melalui elektrolisis (**Gambar 4.15**).

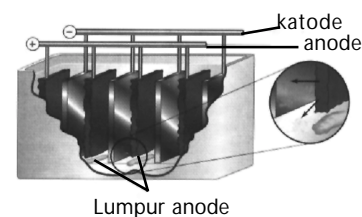
### c. Pemurnian

Pemurnian tembaga dilakukan melalui elektrolisis. Logam tembaga yang akan dimurnikan ditempatkan sebagai anode, dan lempeng tembaga murni ditempatkan sebagai katode, wadah elektrolisis diisi tembaga(II) sulfat.



**Gambar 4.14**

Proses pemekatan dengan cara flotasi



Sumber: *Chemistry: The Central Science*, 2001

**Gambar 4.15**

Pemurnian tembaga menggunakan elektrolisis.

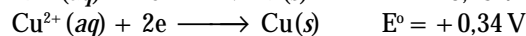
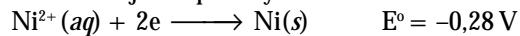
## Contoh 4.6

### Pengotor dalam Proses Pemurnian Tembaga

Logam nikel adalah salah satu pengotor pada bijih tembaga. Apa yang terjadi dengan nikel jika logam tembaga dimurnikan secara elektrolisis?

**Jawab:**

Untuk menjawab pertanyaan tersebut harus diketahui potensial elektrode standar.



Oleh karena potensial reduksi standar nikel lebih negatif dari tembaga, nikel tidak akan tereduksi. Nikel tetap berada dalam larutan, sedangkan  $\text{Cu}^{2+}$  direduksi pada katode.

## Kata Kunci

- Metalurgi
- Pirometalurgi
- Reaksi eksoterm
- Reaksi endoterm

## Tes Kompetensi Subbab D

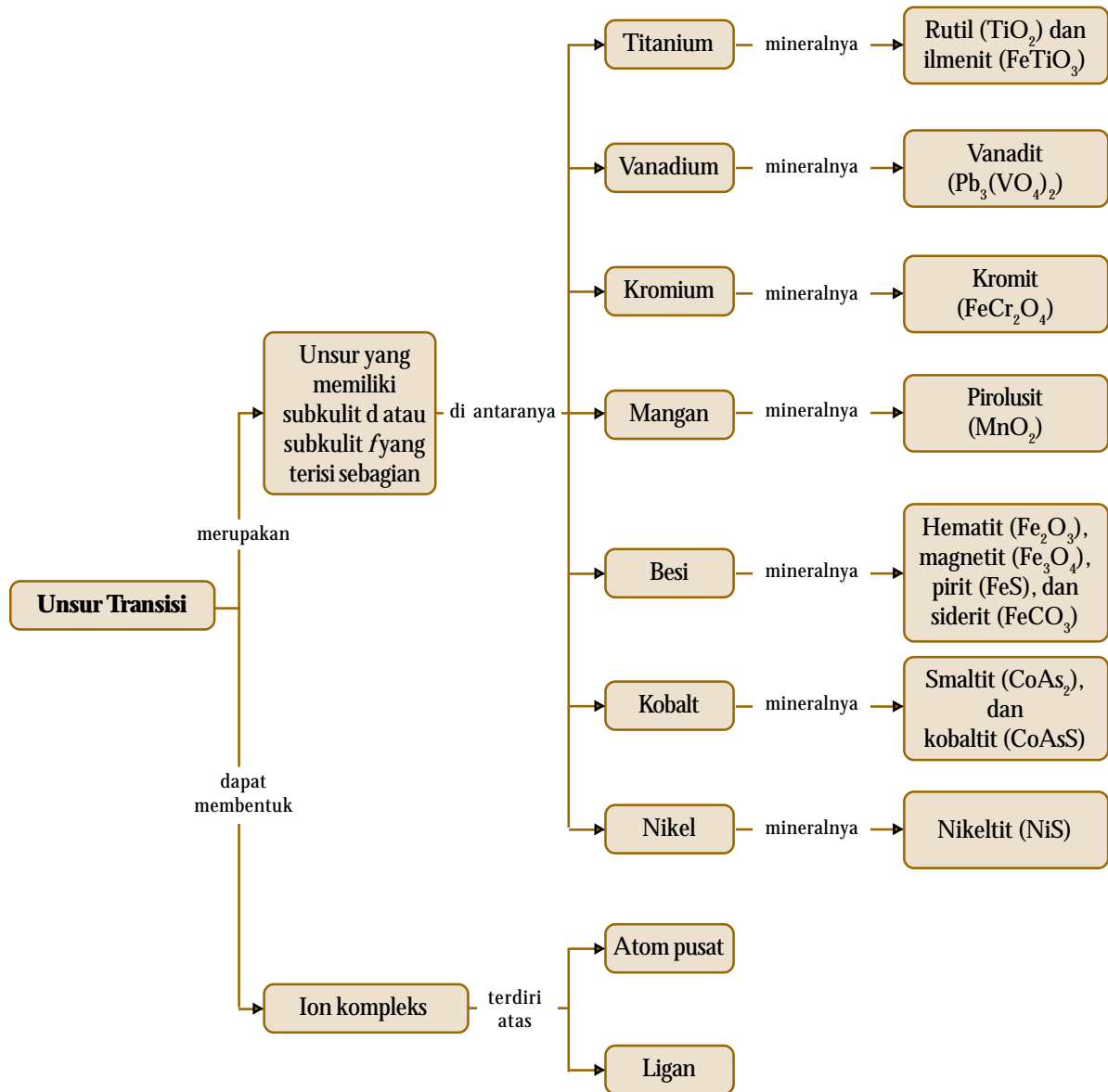
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Proses kimia apakah yang diharapkan pada pengolahan bijih besi dalam tanur?
2. Seng adalah pengotor lain dalam tembaga. Apakah seng akan terakumulasi dalam larutan elektrolit selama pemurnian logam tembaga? Jelaskan.



## Rangkuman

1. Unsur-unsur transisi secara terbatas didefinisikan sebagai unsur-unsur yang memiliki subkulit-*d* atau subkulit-*f* yang terisi sebagian. Misalnya tembaga, mempunyai konfigurasi elektron  $[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^1$ .
2. Unsur-unsur transisi periode keempat terdiri atas skandium (Sc), Titanium (Ti), Vanadium (V), Kromium (Cr), Mangan (Mn), Besi (Fe), Kobalt (Co), Nikel (Ni), Tembaga (Cu), dan seng (Zn).
3. Berdasarkan aturan Aufbau, konfigurasi elektron unsur transisi mengisi orbital  $3d^{n-10} 4s^{1-2}$ , setelah atom kalsium.
4. Sifat-sifat unsur transisi ditentukan oleh konfigurasi elektronnya. Dari kiri ke kanan dalam tabel periodik, sifat kerapatan dan keelektronegatifan bertambah, sedangkan jari-jari berkurang, dan titik didih serta titik leleh naik-turun.
5. Makin banyak elektron bebas dalam suatu unsur transisi makin kuat sifat logamnya. Sebab ikatan antar-atom makin kuat yang pada gilirannya sifat logam dari unsur itu juga semakin kuat.
6. Umumnya unsur-unsur transisi periode keempat menunjukkan tingkat oksidasi lebih dari satu, kecuali scandium dan seng. Hal ini disebabkan tingkat energi orbital-*d* dan orbital-*s* tidak berbeda jauh sehingga memungkinkan elektron-elektron pada kedua orbital itu digunakan untuk bersenyawa.
7. Semua unsur-unsur transisi dapat membentuk senyawa koordinasi, khususnya ion kompleks. Ion kompleks adalah suatu struktur ionik yang kation dari logam transisinya dikelilingi oleh dua atau lebih anion atau molekul netral.
8. Dalam ion kompleks, kation logam unsur transisi dinamakan atom pusat, dan anion atau molekul netral yang mengelilinginya dinamakan ligan.
9. Muatan pada ion kompleks adalah jumlah muatan atom pusat dan ligan yang mengelilinginya.
10. Atom ligan yang mengikat langsung logam dinamakan atom donor. Jumlah atom donor yang mengikat logam dikenal dengan bilangan koordinasi logam.
11. Beberapa ligan dapat memiliki dua atau lebih atom donor yang secara berbarengan mengkoordinasi ion logam. Ligan seperti itu dinamakan ligan polidentat. Ligan polidentat dikenal sebagai zat pengkelat (seperti capit kepiting).
12. Tata nama ion kompleks mengikuti aturan yang telah ditetapkan oleh Alfred Werner.
13. Unsur-unsur transisi periode keempat di alam terdapat dalam bentuk oksida, sulfida, atau karbonat. Hanya tembaga yang dapat ditemukan dalam keadaan bebas maupun dalam bentuk senyawanya.
14. Proses sains dan teknologi dalam pengolahan bijih hingga menjadi logam untuk kegunaan praktis dinamakan metalurgi.
15. Proses metalurgi melibatkan beberapa tahap: (1) penambangan bijih logam; (2) pengolahan awal atau pemekatan; (3) reduksi bijih untuk mendapatkan logam bebas; (4) penghalusan atau pemurnian logam; dan (5) pencampuran logam dengan unsur lain untuk mengubah sifatnya.



## Refleksi

Apakah Anda merasa kesulitan dalam memahami materi di Bab 4 ini? Bagian manakah dari materi Bab 4 ini yang tidak Anda kuasai? Jika Anda merasa kesulitan, diskusikan dengan teman atau guru Anda.

Dengan mempelajari bab ini, Anda dapat mengidentifikasi kelimpahan unsur-unsur transisi dan menganalisis kecenderungan sifat fisiknya. Pada bab ini

juga dibahas secara mendalam mengenai senyawa kompleks, menjelaskan hubungan antara kereaktifan dan biloks unsur transisi serta mengembangkan keterampilan analisis dan logika Anda dengan mempelajari proses kimia dalam metalurgi.

Tahukah Anda manfaat lainnya dari mempelajari unsur-unsur transisi periode keempat?

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

- Pernyataan berikut yang *bukan* termasuk sifat unsur transisi adalah ....
  - merupakan oksidator kuat
  - mempunyai beberapa bilangan oksidasi
  - penghantar listrik yang baik
  - dapat membentuk ion kompleks
  - senyawanya berwarna
- Konfigurasi elektron atom-atom unsur transisi adalah:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$ . Bilangan oksidasi tertinggi dari unsur tersebut adalah ....
  - +6
  - +5
  - +4
  - +3
  - +2
- Konfigurasi elektron atom unsur transisi berikut yang memiliki sifat magnet paling kuat adalah ....
  - $[\text{Ar}] 4s^2 3d^2$
  - $[\text{Ar}] 4s^2 3d^8$
  - $[\text{Ar}] 4s^1 3d^6$
  - $[\text{Ar}] 4s^2 3d^6$
  - $[\text{Ar}] 4s^2 3d^5$
- Vanadium dengan bilangan oksidasi + 4 terdapat pada senyawa ...
  - $\text{NH}_4\text{VO}_2$
  - $\text{K}_4\text{V}(\text{CN})_6$
  - $\text{VSO}_4$
  - $\text{VOSO}_4$
  - $\text{VCl}_3$
- Unsur transisi yang memiliki bilangan oksidasi nol terdapat pada senyawa ....
  - $\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$
  - $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6\text{SO}_4$
  - $\text{Ni}(\text{CO})_4$
  - $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6(\text{OH})_3$
  - $\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_3$
- Jumlah orbital yang ditempati oleh pasangan elektron dalam atom Mn dengan nomor atom 25 adalah ....
  - 4
  - 7
  - 10
  - 13
  - 15
- UMPTN 2000/A:**  
Ion  $\text{Co}^{2+}$  mempunyai konfigurasi elektron  $[\text{Ar}] 3d^7$ . Jumlah elektron yang tidak berpasangan dalam ion  $\text{Co}^{2+}$  adalah ....
  - 1
  - 2
  - 3
  - 5
  - 7
- Ebtanas 1998:**  
Senyawa seng dari unsur transisi tidak berwarna, hal ini disebabkan oleh ....
  - orbital *d* telah penuh berisi elektron
  - tidak adanya elektron pada orbital *d*
  - orbital *d* telah terisi elektron setengah penuh
  - tidak adanya elektron pada orbital *s*
  - orbital *s* telah terisi elektron setengah penuh
- Salah satu garam berikut yang *bukan* senyawa kompleks adalah ....
  - $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4$
  - $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$
  - $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$
  - $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$
  - $\text{K}_2\text{CoI}_4$
- Ion berikut yang *tidak* dapat membentuk kompleks dengan amonia adalah ....
  - $\text{Zn}^{2+}$
  - $\text{Cu}^{2+}$
  - $\text{Al}^{3+}$
  - $\text{Cr}^{3+}$
  - $\text{Mn}^{2+}$
- Pada reaksi pembentukan kompleks berikut.  
 $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 6\text{CN}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$   
Ikatan antara atom pusat dan ligan adalah ....
  - logam
  - ionik
  - kovalen polar
  - kovalen koordinasi
  - van der Waals
- Bilangan koordinasi Ni dalam ion  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  adalah ....
  - 2
  - 3
  - 4
  - 6
  - 8
- Bilangan koordinasi seng dalam ion diaquatetrahidroseng(II),  $[\text{Zn}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{2-}$  adalah ....
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
  - 6
- Bilangan koordinasi Fe dan muatan pada ion  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$  adalah ....
  - + 2 dan 4-
  - + 3 dan 2+
  - + 4 dan 4-
  - + 6 dan 6-
  - 2 dan 2-
- Ion kompleks berikut yang namanya *tidak* tepat adalah ....
  - $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$  : ion tetrasianonikelat(II)
  - $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  : ion diaminargentat(I)
  - $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  : ion heksaaquokobalt(III)
  - $[\text{PtCl}_6]^{2-}$  : ion heksakloroplatinat(IV)
  - $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$  : ion diklorotetramin kobalt(III)
- Ebtanas 1999:**  
Nama yang tepat untuk ion kompleks  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{3+}$  adalah ....
  - ion tetramindiaquokrom(III)
  - ion diaquotetraminkrom(III)
  - ion tetramin krom(III) diaquo
  - ion tetramin diaquokromat(III)
  - ion diaquotetraminkromat(III)

17. **Ebtanas 2000:**  
 Nama yang tepat untuk senyawa kompleks dengan rumus  $(\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2)\text{Cl}$  adalah ....
- krom(III) tetramin dikloro klorida
  - tetramindiklorokrom (III) klorida
  - diklorotetraminkromat(III) klorida
  - tetramindiklorokromat(III) klorida
  - diklorotetraminkrom(III) monoklorida

18. Endapan  $\text{AgCl}$  dapat larut dalam amonia sebab membentuk senyawa ....
- $\text{AgNH}_2\text{Cl}$
  - $\text{AgNH}_3\text{Cl}$
  - $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}$
  - $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$
  - $\text{Ag}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}$

19. Suatu senyawa kompleks terdiri atas logam kromium, anion fluorida, molekul air, dan anion klorida, dengan data tambahan berikut.

Bilangan oksidasi atom pusat = +3

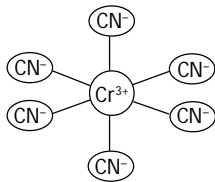
Bilangan koordinasi atom pusat = 6

Muatan kompleks = 1+

Senyawa kompleks tersebut adalah ....

- $[\text{CrF}_2(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}$
- $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{F}_2\text{Cl}$
- $[\text{CrCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]\text{Cl}$
- $[\text{CrClF}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{Cl}$
- $[\text{CrCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]\text{F}$

20. **Ebtanas 1998:**  
 Rumus ion kompleks yang sesuai dengan bentuk molekul berikut adalah ....



- $\text{Cr}(\text{CN})_6^{6-}$
- $\text{Cr}(\text{CN})_6^{2-}$
- $\text{Cr}(\text{CN})_6^{2+}$
- $\text{Cr}(\text{CN})_6^{3-}$
- $\text{Cr}(\text{CN})_6^{3+}$

21. Jika ke dalam larutan  $\text{CuSO}_4$  ditambah  $\text{NH}_3$  akan terbentuk endapan biru-hijau, tetapi penambahan  $\text{NH}_3$  berlebih akan melarutkan kembali endapan dan larutan berwarna biru terang. Gejala ini disebabkan ....

- $\text{Cu}(\text{OH})_2$  bersifat amfoter
- terbentuk ion kompleks  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$
- $\text{Cu}$  termasuk golongan transisi
- ion  $\text{Cu}^{2+}$  adalah ion berwarna biru
- $\text{Cu}(\text{OH})_2$  mudah terurai menjadi  $\text{CuO}$  dan air

22. Pada pengolahan bijih titanium menjadi titanium oksida murni umumnya diolah melalui pembentukan titanium klorida sebab ....

- mudah dioksidasi
- dapat dielektrolisis
- titik didihnya rendah
- mudah dimurnikan dengan air
- hasilnya sangat murni

23. Pengubahan ion kromat menjadi ion dikromat terjadi dalam keadaan ....

- basa
- netral
- asam
- encer
- panas

24. Reduktor yang biasa digunakan secara besar-besaran untuk mereduksi bijih besi menjadi logamnya adalah ....

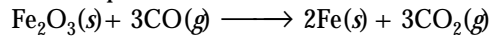
- natrium
- hidrogen
- aluminium
- karbon
- platina

25. Pada proses tanur sembur, bijih besi harus dicampur dengan kapur. Fungsi kapur pada proses ini adalah ....

- mengikat  $\text{SiO}_2$
- mengikat oksigen
- mengikat kelebihan karbon
- menambah ion kalsium
- menghasilkan besi dengan kemurnian tinggi

26. **UMPTN 1997/C:**

Reduksi besi(III) oksida dengan  $\text{CO}$  menghasilkan besi menurut persamaan reaksi berikut.



untuk menghasilkan 11,2 kg besi dibutuhkan besi(III) oksida sebanyak ....

- 22 kg
- 20 kg
- 18 kg
- 16 kg
- 15 kg

27. Prinsip pembuatan baja dari besi tuang adalah dengan cara ....

- meningkatkan kadar karbon
- menurunkan kadar karbon
- meningkatkan kadar timah
- menurunkan kadar timah
- meningkatkan kadar seng

28. Pengolahan bijih logam yang terdapat dalam bentuk karbonat dapat dilakukan melalui proses ....

- elektrolisis
- hidrolisis
- pemanggangan dan reduksi
- pemanggangan
- reduksi langsung

29. **Ebtanas 1999:**

Urutan yang tepat pada proses pengolahan tembaga dari bijih tembaga adalah ....

- elektrolisis-reduksi-pemekatan-pemanggangan
- reduksi-elektrolisis-pemanggangan-pemekatan
- pemekatan-pemanggangan-reduksi-elektrolisis
- pemanggangan-reduksi-pemekatan-elektrolisis
- reduksi-pemanggangan-elektrolisis-pemekatan

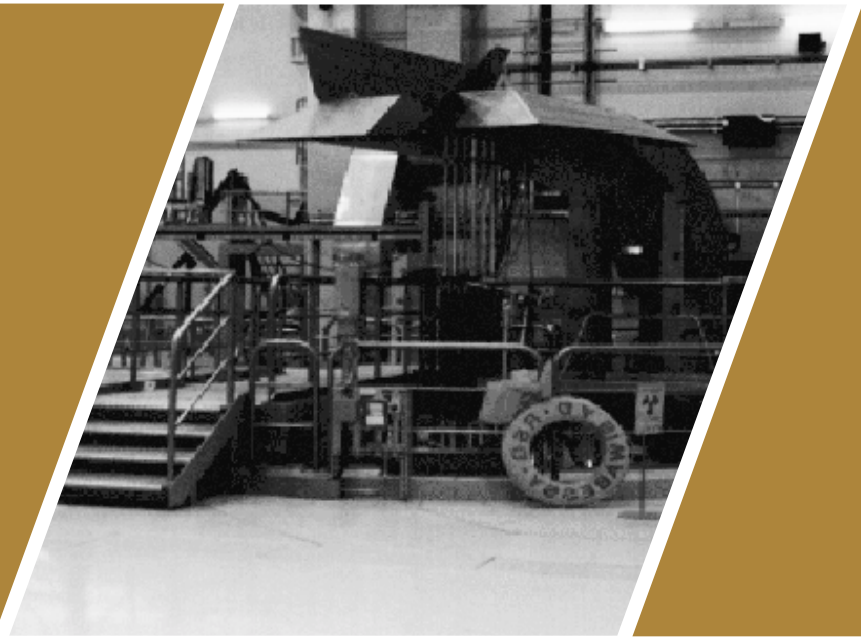
30. Unsur transisi periode keempat yang paling banyak terdapat dalam kulit bumi adalah ....

- seng
- nikel
- tembaga
- besi
- mangan

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.**

- Berapa bilangan oksidasi unsur transisi dari senyawa berikut.
  - $\text{FeCO}_3$
  - $\text{MnO}_2$
  - $\text{CuCl}$
  - $\text{CrO}_2\text{Cl}_2$
- Tuliskan konfigurasi elektron untuk setiap ion berikut. (a)  $\text{Fe}^{2+}$ ; (b)  $\text{Cr}^{3+}$ ; (c)  $\text{Mn}^{4+}$ ; (d)  $\text{Sc}^{3+}$ .
- Apa yang dimaksud dengan ion kompleks, ligan, dan bilangan koordinasi? Jelaskan.
- Tentukan berapa bilangan koordinasi dan bilangan oksidasi logam dalam senyawa kompleks berikut.
  - $\text{K}_3[\text{V}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$
  - $[\text{Ni}(\text{CN})_5]^{3-}$
  - $[\text{Zn}(\text{en})_2]\text{Br}_2$
  - $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_5\text{SCN}]^{2+}$
- Tuliskan nama senyawa kompleks berikut.
  - $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$
  - $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$
  - $\text{K}[\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{NH}_3)_2]$
  - $[\text{PtCl}_4(\text{en})]$
  - $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Br}_2$
  - $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{ClO}_4$
  - $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$
- Tuliskan rumus setiap senyawa berikut dan tentukan berapa bilangan koordinasinya.
  - Heksaminkrom(III) nitrat
  - Tetraminkarbonat kobalt(III) sulfat
  - Diklorobis(etilendiamin)platina(IV) bromida
  - Kalium diaquatetrabromovanadat(III)
  - Pentaquabromomangan(III) sulfat
  - Natrium tetrabromo(etilendiamin)kobaltat(III)
- Manakah di antara senyawa berikut yang memberikan warna?
  - $\text{ZnO}$
  - $\text{NaAlCl}_4$
  - $[\text{Fe}(\text{SO}_4)(\text{H}_2\text{O})_4]$
  - $\text{CrO}_2$
- Tuliskan persamaan kimia setara untuk reduksi  $\text{FeO}$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  oleh  $\text{H}_2$  dan  $\text{CO}$ .

# Bab 5



Sumber: [kocherov@jaeand.iaea.org](mailto:kocherov@jaeand.iaea.org)

Pusat Penelitian Reaktor Nuklir Batan, Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat.

## Keradioaktifan

### Hasil yang harus Anda capai:

memahami karakteristik unsur-unsur penting, kegunaan dan bahayanya, serta terdapatnya di alam.

### Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

mendeskripsikan unsur-unsur radioaktif dari segi sifat-sifat fisik dan sifat-sifat kimia, kegunaan, dan bahayanya.

Pemanfaatan energi nuklir untuk pembangkit tenaga listrik di Indonesia masih dalam tahap penelitian. Pemerintah Indonesia harus mempertimbangkan mengenai keuntungan dan dampak yang dihasilkan dari pengadaan proyek ini. Peraturan keselamatan dan tingginya biaya masih menjadi kendala dikarenakan Indonesia adalah negara berkembang. Akan tetapi, di negara maju, seperti Amerika, sekitar 20 persen energi nuklir dimanfaatkan sebagai sumber listrik. Energi nuklir ini dihasilkan dari reaksi inti atom yang bersifat *radioaktif*.

Sejak model atom dikembangkan oleh Dalton, perhatian ilmuwan terpusat pada elektron, tidak pada inti atom. Menurut pendapat sebelumnya, inti atom hanya menyediakan muatan positif untuk mengikat elektron-elektron di dalam atom. Akibat perkembangan cepat dalam bidang fisika dan kimia membuktikan bahwa inti atom dapat berubah secara spontan disertai dengan pelepasan radiasi. Inti atom tersebut dinamakan *nuklida radioaktif*. Bagaimanakah sifat-sifat fisik dan kimia serta kegunaan lainnya dari nuklida radioaktif ini? Anda akan mengetahuinya setelah mempelajari bab ini.

- A. Kestabilan Inti
- B. Kegunaan Radioisotop
- C. Reaksi Fisi dan Fusi

## Tes Kompetensi Awal

1. Masih ingatkah Anda bagaimana model struktur atom menurut Bohr? Gambarkan oleh Anda model struktur atom tersebut.
2. Apa yang dimaksud dengan nuklida? Sebutkan partikel-partikel penyusun inti Atom?
3. Apakah menurut Anda inti suatu atom dapat meluruh atau bergabung dengan inti atom lain? Jelaskan alasannya.

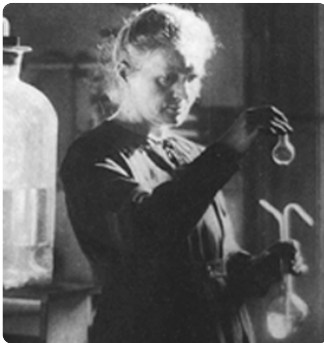
## A. Kestabilan Inti

Kestabilan inti atom dapat ditinjau dari aspek kinetika dan energetika. Kestabilan secara energetika ditinjau dari aspek energi nukleosintesis dihubungkan dengan energi komponen penyusunnya (proton dan neutron), disebut *energi ikat inti*. Kestabilan secara kinetika ditinjau berdasarkan kebolehjadian inti meluruh membentuk inti yang lain, disebut *peluruhan radioaktif*.



### Sekilas Kimia

Marie Curie  
(1867–1934)



Sumber: Oxford Ensiklopedia Pelajar: Biografi-9, 1995

Marie Curie Lahir di Warsawa, Polandia. Dia bersama dengan suaminya Pierre melakukan percobaan terhadap zat radioaktif. Setelah beberapa tahun bekerja, mereka berhasil menemukan sebuah unsur radioaktif, yang mereka namakan *radium*. Mereka menerima hadiah nobel untuk karya ini. Setelah Pierre meninggal pada 1906, Marie meneruskan kerjanya dan menerima hadiah nobel ke-2 pada 1911.

Gambar 5.1

**Grafik pita kestabilan**  
Nuklida stabil ditunjukkan oleh titik hitam yang berkerumun membentang seperti pita sehingga disebut pita kestabilan. Di luar pita kestabilan tergolong radioaktif.

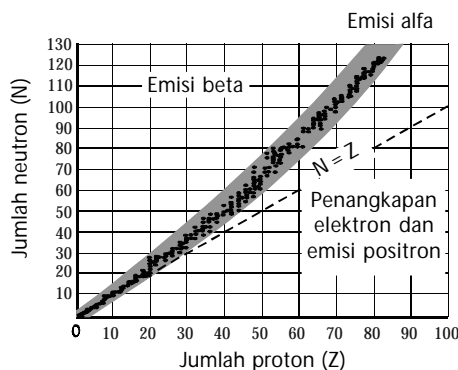
### 1. Ciri-Ciri Inti Stabil dan Tidak Stabil

Untuk mengetahui ciri-ciri inti yang stabil dan inti yang tidak stabil dapat ditinjau dari perbandingan antarpartikel yang terkandung di dalam inti atom, yaitu perbandingan neutron terhadap proton ( $\frac{N}{Z}$ ). Selain nuklida  $^1\text{H}$ , semua nuklida atom memiliki proton dan neutron. Suatu nuklida dinyatakan stabil jika memiliki perbandingan neutron terhadap proton lebih besar atau sama dengan satu ( $\frac{N}{Z} \geq 1$ ). Untuk nuklida ringan ( $Z < 20$ ), perbandingan  $\frac{N}{Z} \approx 1$ . Untuk nuklida dengan  $Z > 20$ , perbandingan  $\frac{N}{Z} > 1$ . Perbandingan  $\frac{N}{Z}$  untuk beberapa nuklida yang stabil ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 5.1 Beberapa Nuklida yang Stabil

Nuklida	$^2\text{H}$	$^{20}\text{Ne}$	$^{40}\text{Ca}$	$^{64}\text{Zn}$	$^{90}\text{Sn}$	$^{120}\text{Nd}$	$^{202}\text{Hg}$
Z	1	10	20	30	40	50	80
N	1	10	20	34	50	70	122
$\frac{N}{Z}$	1	1	1	1,13	1,25	1,50	1,50

Berdasarkan tabel tersebut, tampak bahwa nilai  $\frac{N}{Z}$  berubah sebagai fungsi Z. Hubungan proton dan neutron dapat diungkapkan dalam bentuk grafik yang disebut grafik *pita kestabilan*.

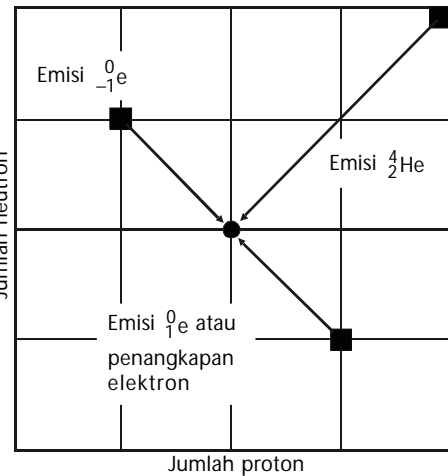


Dengan bertambahnya jumlah proton ( $Z$ ), perbandingan neutron-proton meningkat hingga 1,5. Kenaikan angka banding  $\frac{N}{Z}$  diyakini akibat meningkatnya tolakan muatan positif dari proton. Untuk mengurangi tolakan antarproton diperlukan neutron yang berlebih.

Nuklida di luar pita kestabilan umumnya bersifat radioaktif atau nuklida tidak stabil. Nuklida yang terletak di atas pita kestabilan adalah nuklida yang memiliki neutron berlebih. Untuk mencapai keadaan inti yang stabil, nuklida ini mengubah neutron menjadi proton dan partikel beta.

Nuklida yang terletak di bawah pita kestabilan adalah nuklida yang miskin neutron. Untuk mencapai keadaan yang stabil, dilakukan dengan cara memancarkan positron atau penangkapan elektron (*electron capture*) pada kulit K menjadi neutron.

Nuklida yang terletak di atas pita kestabilan dengan nomor atom (jumlah proton) lebih dari 83 adalah nuklida yang memiliki neutron dan proton melimpah. Untuk mencapai keadaan stabil, nuklida ini melepaskan sejumlah partikel alfa (inti atom He).



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

Gambar 5.2

Semua unsur radioaktif meluruh membentuk unsur yang stabil dengan nomor atom sekitar 50-an.

### Contoh 5.1

#### Meramalkan Kestabilan Inti

Ramalkan apakah nuklida  ${}^{13}_7\text{N}$  stabil atau tidak. Jika tidak, bagaimana untuk mencapai stabil?

**Jawab**

Kestabilan inti dapat dilihat dari angka banding  $\frac{N}{Z}$ . Untuk inti dengan jumlah proton ( $Z$ ) < 20, angka banding  $\frac{N}{Z} = 1$ .

Angka banding  $\frac{N}{Z}$  untuk  ${}^{13}_7\text{N} = \frac{6}{7} = 0,86$  lebih kecil dari 1 sehingga tidak stabil.

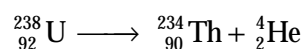
Oleh karena nuklida N berada di bawah pita kestabilan (< 1) maka untuk mencapai stabil dilakukan dengan cara memancarkan positron atau penangkapan elektron kulit K.

## 2. Peluruhan Radioaktif

Peluruhan radioaktif adalah peristiwa spontan emisi beberapa partikel dan radiasi elektromagnetik dari suatu inti atom tidak stabil menuju inti yang stabil. Peluruhan radioaktif diketahui merupakan suatu peristiwa eksoergik (pelepasan energi). Pada proses peluruhan inti berlaku Hukum Kekekalan Energi, Momentum, Massa, dan Muatan.

### a. Persamaan Peluruhan Inti

Persamaan peluruhan inti ditulis seperti halnya persamaan reaksi kimia. Contoh peluruhan radioaktif  ${}^{238}\text{U}$  disertai pelepasan partikel alfa dapat ditulis sebagai berikut.



Pada persamaan ini, hanya inti yang berubah yang dituliskan. Tidak perlu menuliskan senyawa kimia atau muatan elektron untuk setiap senyawa radioaktif yang terlibat sebab lingkungan kimia tidak memiliki pengaruh terhadap perubahan inti.

### Kata Kunci

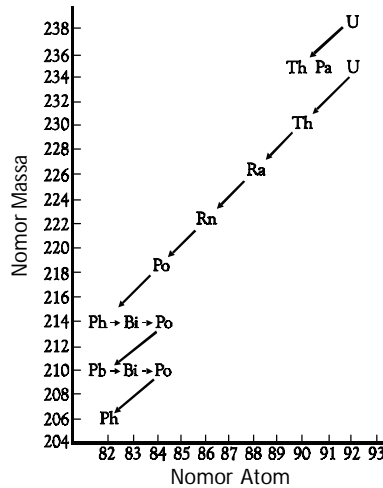
- Inti atom (nuklida)
- Aspek kinetika
- Aspek energetika
- Kestabilan inti
- Nukleosintesis
- Energi ikat inti
- Emisi (peluruhan)
- Pita kestabilan
- Radioaktif
- Eksoergik
- Radiasi elektromagnetik



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

**Gambar 5.3**

Deret peluruhan radioaktif:  
 $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$



### Catatan Note

Dalam simbol untuk partikel yang terlibat, indeks bawah menyatakan muatan, dan indeks atas menyatakan massa.

Symbol for the particle, subscript means charge, and superscript means mass.

Pereaksi dan produk yang terlibat dalam peluruhan inti ditulis menurut simbol nuklidanya. Simbol untuk partikel yang terlibat dalam peluruhan inti adalah sebagai berikut.

**Tabel 5.2** Simbol Partikel yang Terlibat dalam Peluruhan Inti

Proton	Neutron	Beta	Positron	Gamma
$^1_1\text{p}$	$^1_0\text{n}$	$^0_{-1}\text{e}$ atau $^0_{-1}\beta$	$^0_1\text{e}$ atau $^0_1\beta$	$^0_0\gamma$

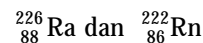
### Contoh 5.2

#### Menuliskan Persamaan Peluruhan Inti

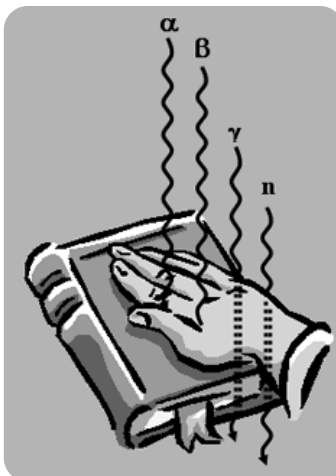
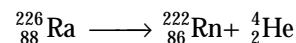
Tuliskan persamaan transmudasi inti untuk peluruhan radioaktif radium-226 disertai pancaran partikel alfa membentuk radon-222.

**Jawab**

Nomor atom radium 88 dan radon 86. Jadi, simbol kedua nuklida adalah



Persamaan transmudasi intinya:



**Gambar 5.4**

Daya tembus radiasi yang diemisikan unsur radioaktif  
 Kekuatan penetrasi:  
 $n \approx g > b > a$

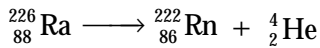
#### b. Jenis Peluruhan Radioaktif

Peluruhan radioaktif dapat digolongkan ke dalam tiga jenis peluruhan, yaitu *peluruhan alfa*, *peluruhan beta* ( $\beta^-$ ,  $\beta^+$  atau *positron*), atau *penangkapan elektron*, dan *peluruhan gamma*. Secara umum ditunjukkan pada **Tabel 5.3**.

**Tabel 5.3** Jenis Peluruhan Radioaktif

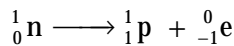
Jenis peluruhan	Radiasi	Perubahan Setara	Perubahan Inti	
			No. Atom	No. Massa
Emisi alfa (a)	$^4_2\text{He}$	-	-2	-4
Emisi beta (b)	$^0_{-1}\text{e}$	$^1_0\text{n} \rightarrow ^1_1\text{p} + ^0_{-1}\text{e}$	+1	0
Emisi positron ( $b^+$ )	$^0_1\text{e}$	$^1_1\text{p} \rightarrow ^1_0\text{n} + ^0_1\text{e}$	-1	0
Penangkapan elektron	sinar-X	$^1_1\text{p} + ^0_{-1}\text{e} \rightarrow ^1_0\text{n}$	-1	0
Emisi gamma (g)	$^0_0\gamma$	-	0	0

1. Emisi alfa adalah emisi nuklida  ${}^4_2\text{He}$  atau partikel alfa dari inti tidak stabil. Misalnya, pada peluruhan radioaktif  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ .



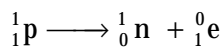
Nuklida yang memiliki nomor atom di atas 83 akan memancarkan partikel alfa.

2. Emisi beta ( $\beta^-$ ) adalah emisi elektron berkecepatan tinggi dari inti tidak stabil. Emisi beta sama dengan perubahan neutron menjadi proton. Persamaannya:



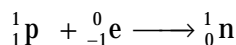
Nuklida di atas pita kestabilan akan memancarkan partikel beta.

3. Emisi positron ( $\beta^+$ ) adalah emisi sejenis elektron yang bermuatan positif. Emisi positron setara dengan perubahan proton menjadi neutron.

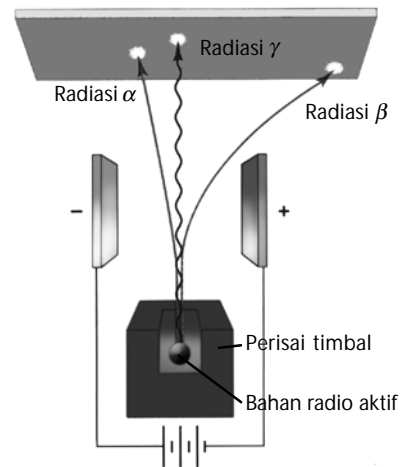
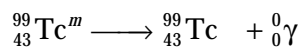


Emisi positron terjadi pada nuklida yang berada di bawah pita kestabilan.

4. Penangkapan elektron (*EC*, *electron capture*) adalah peluruhan inti dengan menangkap elektron dari orbital yang terdekat ke inti, yaitu kulit K. Dalam hal ini, proton diubah menjadi neutron.



5. Emisi gamma ( $\gamma$ ) dihasilkan dari nuklida yang tereksitasi setelah menjalani peluruhan. Peluruhan radioaktif menghasilkan nuklida pada keadaan tereksitasi yang tidak stabil. Untuk mencapai keadaan stabil dilakukan dengan cara mengemisikan energi dalam bentuk radiasi gamma. Contohnya:



Sumber: *Introductory Chemistry*, 1997

**Gambar 5.5**

Radiasi  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  dalam medan magnet

### Kata Kunci

- Emisi alfa
- Emisi beta
- Emisi positron
- Penangkapan elektron
- Emisi gamma
- Transmutasi inti
- Keadaan tereksitasi

### Contoh 5.3

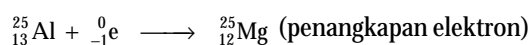
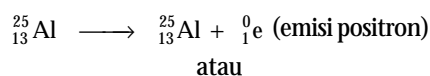
#### Meramalkan Jenis Peluruhan Radioaktif

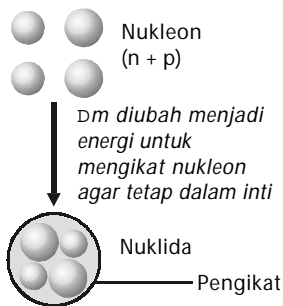
Gunakan pita kestabilan untuk meramalkan peluruhan radioaktif dan tuliskan persamaan transmutasi intinya:

- a.  ${}^{47}\text{Ca}$
- b.  ${}^{25}\text{Al}$

**Jawab**

- a. Nuklida  ${}^{47}\text{Ca}$  memiliki 20 proton dan 27 neutron. Oleh karena nilai  $\frac{N}{Z} > 1$  (di bawah pita kestabilan) maka akan terjadi emisi beta.
- b. Nuklida  ${}^{25}\text{Al}$  memiliki 13 proton dan 12 neutron. Oleh karena nilai  $\frac{N}{Z} < 1$  (di bawah pita kestabilan) maka akan terjadi emisi positron atau penangkapan elektron. Persamaan transmutasi intinya:





**Gambar 5.6**

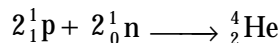
Kehilangan massa diubah menjadi energi yang digunakan untuk mengikat nukleon membentuk satu kesatuan di dalam inti.

### 3. Nukleosintesis dan Energi Ikat Inti

Nukleosintesis adalah *pembentukan inti atom atau nuklida dari partikel-partikel penyusunnya (proton dan neutron)*. Energi yang terlibat dalam nukleosintesis dinamakan energi ikat inti ( $E_i$ ). Lihat **Gambar 5.6**.

Menurut aspek energetika, suatu inti atom stabil jika memiliki energi ikat inti besar. Dengan kata lain, makin besar energi ikat inti, makin stabil inti atom tersebut.

Energi ikat inti,  $E_i$  didefinisikan sebagai *selisih energi antara energi nuklida hasil sintesis dengan energi nukleon penyusunnya*. Contoh, nuklida  ${}^4_2\text{He}$  disintesis dari 2 proton dan 2 neutron.



$$\Delta E_{\text{nukleosintesis}} = E_i = E_{\text{nuklida He}} - E_{(2\text{p} + 2\text{n})}$$

Bagaimana mengukur perubahan energi inti tersebut? Menurut **Einstein**, perubahan energi inti dapat ditentukan secara langsung dari perubahan massa nukleon, sebab perubahan massa selalu disertai perubahan energi sesuai persamaan:

$$E = m c^2 \text{ atau } \Delta E = c^2 \Delta m$$

**Keterangan:**

$c$  = kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ )

$\Delta m$  = perubahan massa (kg)

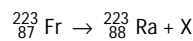
**Tabel 5.4** Massa Nukleon dan Nuklida dalam Satuan Massa Atom (sma)

Simbol	Z	A	Massa (sma)
b(e <sup>-</sup> )	-1	0	0,00055
n	0	1	1,00867
p (H)	1	1	1,00728
	1	2	2,01345
	1	3	3,01550
a	2	3	3,01493
	2	4	4,00150
Li	3	6	6,01347
	3	7	7,01435
Be	4	9	9,00999
B	5	10	10,0102
	5	11	11,0066
C	6	12	11,9967
	6	13	13,0001
O	8	16	15,9905
Fe	26	56	55,9206
Co	27	59	58,9184
Pb	82	206	205,9295
	82	207	206,9309
	82	208	207,9316
Pb	84	210	209,9368
Rn	86	222	221,9703
Ra	88	226	225,9771



**Mahir Menjawab**

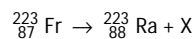
Pada inti Fr terjadi reaksi berikut.



X adalah partikel ...

- A. neutron
- B. proton
- C. positron
- D. elektron
- E. megatron

**Pembahasan**



$$X \mid {}^{223-223}_{87-88} = {}^0_{-1}\text{elektron} ({}^0_{-1}\text{e})$$

Jadi, X adalah partikel elektron. (D)

SPMB 2004

Th	90	230	229,9837
	90	234	233,9942
Pa	91	234	233,9931
U	92	233	232,9890
	92	234	233,9904
	92	235	234,9934
	92	238	238,0003
Pu	94	239	239,0006

Sumber: *General Chemistry*, 1990

Satuan yang digunakan untuk energi ikat inti adalah Mega elektron volt (MeV). Satu Mega elektron volt (1 MeV) sama dengan  $1,062 \times 10^{-13}$  Joule, atau

$$1 \text{ MeV} = 1,062 \times 10^{-13} \text{ Joule}$$

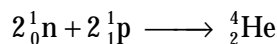
Hubungan satuan energi ikat inti dan massa partikel subinti dalam satuan sma adalah

$$1 \text{ sma} = 931,5 \text{ MeV}$$

### Contoh 5.4

#### Menentukan Perubahan Energi Inti

Hitung perubahan energi pada pembentukan nuklida helium (partikel alfa) berikut.



- dalam satuan MeV
- dalam satuan Joule

**Jawab**

- Energi ikatan inti dalam satuan MeV**

Perubahan massa pada pembentukan He:

$$\begin{aligned} \Delta m &= m_{\text{He}} - 2(m_{\text{n}} + m_{\text{p}}) \\ &= \{4,00150 - 2(1,00867 + 1,00728)\} \text{ sma} \\ &= -0,0304 \text{ sma} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_i &= (-0,0304 \text{ sma}) (931,5 \text{ MeV sma}^{-1}) \\ &= -28,3176 \text{ MeV} \end{aligned}$$

- Energi ikat inti dalam satuan Joule**

$$1 \text{ MeV} = 1,062 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$\begin{aligned} E_i &= -28,3176 \text{ MeV} \times 1,062 \times 10^{-13} \text{ J MeV}^{-1} \\ &= -3,007 \times 10^{-12} \text{ J} \end{aligned}$$

Jadi, pada pembentukan nuklida He dilepaskan energi sebesar 28,3176 MeV atau  $3,007 \times 10^{-12}$  J.

Kekurangan massa pada pembentukan nuklida helium (**Contoh Soal 5.4** di atas) disebabkan telah diubah menjadi energi yang digunakan untuk mengikat partikel subinti agar tidak pecah. Oleh karena itu, makin besar energi ikat inti makin stabil inti tersebut.

Energi ikat per nukleon bervariasi bergantung pada nomor atom unsur-unsur stabil. Energi ikat rata-rata maksimum sekitar 8,8 MeV dimiliki oleh atom Fe dan Ni, seperti ditunjukkan pada gambar berikut.

## Sekilas Kimia



### Makanan Iradiasi

Pada tahun 1953, Angkatan Darat Amerika Serikat memulai program percobaan iradiasi makanan sehingga pasukan yang tersebar mempunyai makanan segar tanpa harus dibekukan.

Sumber radiasi untuk hampir semua pengawetan makanan adalah *kobalt-60* dan *cesium-137*. Keduanya mengemisikan *sinar gamma* ( $\gamma$ ) walaupun *sinar X* dan *elektron* dapat juga digunakan untuk mengiradiasi makanan. Keuntungan iradiasi makanan sangat jelas, selain menghemat energi karena tidak perlu pendinginan, juga memperlama waktu simpan berbagai macam makanan.

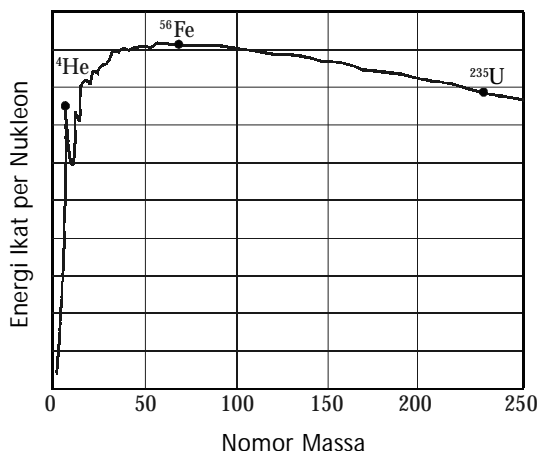
Hal ini sangat berguna bagi negara-negara miskin. Akan tetapi, ketakutan tersendiri pada prosedur ini pun ada. Pertama, bahwa makanan yang diiradiasi dapat menjadi radioaktif (meskipun tidak ada data kejadian mengenai hal ini). Kedua, iradiasi dapat merusak nutrisi, seperti asam amino dan vitamin. Selain itu, radiasi yang mengionisasi akan menghasilkan spesi yang reaktif, seperti radikal hidroksil yang akan bereaksi dengan molekul organik dan menghasilkan zat yang berbahaya. Menariknya, efek yang sama dihasilkan juga ketika makanan tersebut dipanaskan.

Sumber: *Chemistry*, 2000

## Kata Kunci

- Nukleon
- Energi ikat rata-rata
- Massa partikel subinti

**Gambar 5.7**  
Grafik Energi ikat nukleon terhadap nomor massa



### Contoh 5.5

#### Menghitung Energi Ikat Inti

Hitung energi ikat  $^{235}\text{U}$  jika massa nuklidanya sebesar 235,034 sma.

**Jawab**

Nuklida  $^{235}\text{U}$  mengandung 92 proton dan 143 neutron. Massa nukleon penyusun  $^{235}\text{U}$  adalah

$$92 \times 1,00728 \text{ sma} = 92,6698 \text{ sma}$$

$$143 \times 1,00867 \text{ sma} = 144,2398 \text{ sma}$$

$$\text{Total massa} = 236,9096 \text{ sma}$$

Kekurangan massa dari nuklida ini adalah

$$\text{Massa nukleon} = 236,9096 \text{ sma}$$

$$\text{Massa nuklida} = 235,0349 \text{ sma}$$

$$\text{Kekurangan massa} = 1,8756 \text{ sma}$$

Energi ikat inti  $^{235}\text{U}$  per nuklida adalah

$$E_1 = 1,8756 \text{ sma} \times 931,5 \text{ MeV sma}^{-1}$$

$$= 1747,1214 \text{ MeV}$$

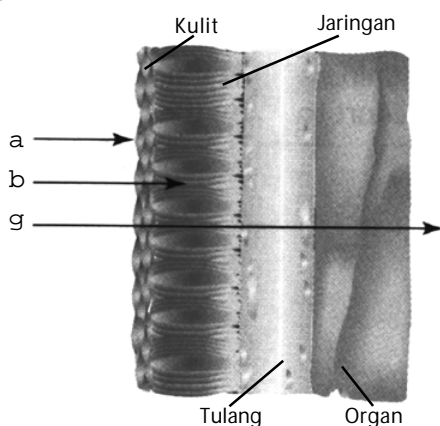
### Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

- Salah satu dari setiap pasangan nuklida berikut adalah radioaktif. Manakah nuklida yang radioaktif dan nuklida yang stabil?
  - $^{208}\text{Po}$  dan  $^{209}\text{Bi}$
  - $^{39}\text{K}$  dan  $^{40}\text{K}$
  - $^{71}\text{Ga}$  dan  $^{76}\text{Ga}$
- Ramalkan jenis peluruhan untuk setiap nuklida radioaktif berikut berdasarkan pita kestabilan.
  - $^{13}\text{N}$
  - $^{26}\text{Na}$
  - $^{25}\text{Al}$
- Tuliskan persamaan inti untuk reaksi peluruhan zat radioaktif berikut.
  - $^{235}\text{U}$  menjadi  $^{239}\text{U}$
  - $^{13}\text{C}$  menjadi  $^{12}\text{C}$
- Ramalkan jenis peluruhan dari radionuklida berikut dan tuliskan persamaan transmudasi intinya.
  - $^{24}\text{Na}$
  - $^{52}\text{Fe}$
  - $^{60}\text{Co}$
  - $^{90}\text{Sr}$
- Kalium-40 adalah isotop radioaktif alam, meluruh menjadi kalsium-40. Ramalkan jenis peluruhan yang terjadi dan tuliskan persamaan transmudasi intinya.
- Hitung perubahan energi (dalam joule) jika 1,00 g  $^{234}\text{Th}$  meluruh menjadi  $^{234}\text{Pa}$  dengan memancarkan beta. Berapa perubahan energi dalam MeV jika satu inti  $^{234}\text{Th}$  meluruh.

## B. Kegunaan Radioisotop

Radiasi dari peluruhan unsur radioaktif dapat memengaruhi benda dan makhluk hidup. Partikel alfa, beta, dan gamma dapat menembus ke dalam materi dan mampu mengionisasi atom atau molekul (lihat **Gambar 5.8**). Hal ini dapat memengaruhi organ tubuh dan bersifat destruktif. Namun demikian, dengan pengetahuan yang memadai, radiasi dari unsur radioaktif dapat dimanfaatkan oleh manusia, terutama dalam bidang kedokteran, pertanian, dan industri.



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

**Gambar 5.8**

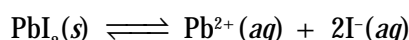
Daya penetrasi sinar a, b, dan g terhadap tubuh manusia

### 1. Manfaat dalam Analisis Kimia

Perunut radioaktif adalah isotop radioaktif yang ditambahkan ke dalam bahan kimia atau makhluk hidup guna mempelajari sistem. Keuntungan perunut radioaktif yaitu isotop berperilaku sebagaimana isotop nonradioaktif, tetapi dapat dideteksi dalam jumlah sangat sedikit melalui pengukuran radiasi yang diemisikannya.

#### a. Analisis Keseimbangan Kimia

Tinjau keseimbangan timbal(II) iodida padat dan larutan jenuhnya yang mengandung  $\text{Pb}^{2+}(\text{aq})$  dan  $\text{I}^{-}(\text{aq})$ . Persamaannya:

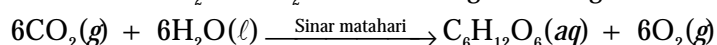


Ke dalam tabung yang berisi  $\text{PbI}_2$  padat nonradioaktif tambahkan larutan yang berisi ion iodida radioaktif hingga jenuh. Kocok campuran dan biarkan beberapa lama.

Saring campuran dan keringkan endapan yang tersaring. Jika dianalisis maka dalam padatan  $\text{PbI}_2$  akan terdapat  $\text{PbI}_2$  yang radioaktif. Hal ini menunjukkan bahwa dalam larutan jenuh terdapat keadaan setimbang dinamis antara padatan dan ion-ionnya.

#### b. Mekanisme Fotosintesis

Percobaan menggunakan perunut telah dilakukan sejak tahun 1950 oleh **Melvin Calvin** dari Universitas Berkeley untuk menentukan mekanisme fotosintesis tanaman. Proses keseluruhan fotosintesis melibatkan reaksi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  untuk menghasilkan glukosa dan  $\text{O}_2$ .



Dalam percobaannya, gas  $\text{CO}_2$  yang mengandung lebih isotop  $^{14}\text{C}$  radioaktif diterpakan kepada tanaman alga selama satu hari. Selanjutnya,

### Kata Kunci

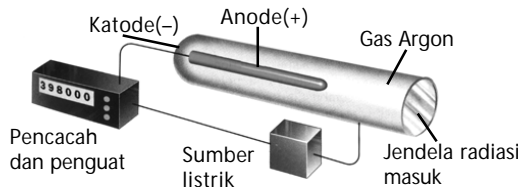
- Daya penetrasi
- Perunut radioaktif
- Isotop radioaktif
- Isotop nonradioaktif

alga diekstrak dengan alkohol dan air. Senyawa terekstrak dipisahkan dengan kromatografi, selanjutnya diidentifikasi.

**Gambar 5.9**

**Pencacah Geiger**

Partikel radiasi masuk melalui jendela dan melewati gas argon. Energi dari partikel mengionisasi molekul gas menghasilkan ion positif dan elektron yang dipercepat oleh elektrode. Elektron yang bergerak lebih cepat, menumbuk logam anode dan menimbulkan pulsa arus. Pulsa arus selanjutnya dicacah.



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

Senyawa yang mengandung  $^{14}\text{C}$  radioaktif terdapat dalam zat antara yang dibentuk selama fotosintesis. Berdasarkan analisis terhadap isotop  $^{14}\text{C}$ , Calvin mengajukan mekanisme atau tahap-tahap reaksi dalam fotosintesis.

**c. Titrasi Radiometri**

Pada titrasi radiometri, isotop radioaktif dapat digunakan sebagai petunjuk titik akhir titrasi. Misalnya, pada titrasi penentuan ion  $\text{Cl}^-$  dengan ion  $\text{Ag}^+$  membentuk endapan  $\text{AgCl}$ . Baik titran maupun cuplikan dapat mengandung komponen radioaktif.

Pada awal titrasi, dalam labu Erlenmeyer yang berisi ion  $\text{Cl}^-$  nonradioaktif tidak terdapat keaktifan. Setelah ion  $^{110}\text{Ag}^+$  radioaktif ditambahkan ke dalam erlenmeyer dan bereaksi dengan ion  $\text{Cl}^-$ , membentuk endapan  $\text{AgCl}$ .

Bagian supernatan (endapan) tidak menunjukkan tanda-tanda keaktifan, tetapi setelah titik ekuivalen tercapai, kelebihan ion  $\text{Ag}^+$  berada dalam larutan, dan secara perlahan meningkatkan keaktifan. Titik akhir titrasi diperoleh dengan cara ekstrapolasi grafik.

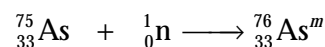
Kelebihan cara analisis titrasi radiometri adalah kepekaannya sangat tinggi. Selain itu, suhu, pH, kekeruhan, dan yang lainnya tidak memengaruhi penentuan titik akhir titrasi.

**d. Analisis Aktivasi Neutron**

Analisis aktivasi neutron adalah *analisis unsur-unsur dalam sampel yang didasarkan pada perubahan isotop stabil oleh isotop radioaktif melalui pemboman sampel oleh neutron*.

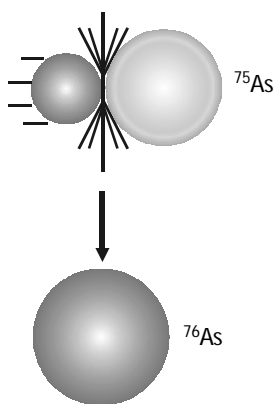
Untuk mengidentifikasi apakah seseorang itu mati wajar atau diracun dapat dianalisis berdasarkan runutan unsur dalam rambut. Ini dapat dilakukan dengan cara menentukan jumlah dan posisi unsur dalam rambut secara saksama sehingga dapat diketahui penyebab kematian orang itu.

Analisis terhadap rambut dapat dilakukan untuk menentukan zat beracun yang terdapat dalam rambut, misalnya arsen (As). Jika isotop  $^{75}\text{As}$  dibombardir dengan neutron, inti metastabil dari  $^{76}\text{As}^m$  akan diperoleh:



Inti metastabil berada pada keadaan tereksitasi, dan meluruh disertai emisi gamma. Frekuensi sinar gamma yang diemisikan khas untuk setiap unsur. Selain itu, intensitas sinar gamma sebanding dengan jumlah unsur yang ada dalam sampel rambut.

Berdasarkan prosedur di atas, dapat diketahui apakah orang itu diracuni arsen atau mati wajar. Metode ini juga sangat peka sebab dapat mengidentifikasi jumlah arsen hingga  $10^{-9}$  g.



**Gambar 5.10**

Arsen dibombardir dengan neutron menghasilkan arsen metastabil. Untuk stabil meluruhkan sinar gamma.

## 2. Manfaat dalam Kedokteran dan Farmasi

Radioisotop pertama yang diterapkan dalam medik adalah untuk terapi penyakit kanker. Radium-226 dan hasil peluruhannya, radon-222 digunakan untuk terapi kanker beberapa tahun setelah penemuan radioaktif, tetapi sekarang radiasi gamma dari kobalt-60 lebih umum digunakan.



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

Terapi penyakit kanker merupakan salah satu aplikasi berguna dari isotop radioaktif dalam medik. Kegunaan lain dari isotop radioaktif adalah diagnosis penyakit (**Gambar 5.11a**), sterilisasi alat-alat kedokteran (**Gambar 5.11b**), dan menyelidiki efisiensi kerja organ tubuh.

### a. Efisiensi Kerja Organ Tubuh

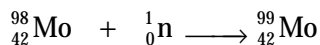
Isotop radioaktif diterapkan dalam diagnosis dengan dua cara. Pertama, isotop digunakan untuk mengembangkan citra internal organ tubuh sehingga fungsinya dapat diselidiki. Kedua digunakan sebagai perunut dalam analisis jumlah zat, seperti pertumbuhan hormon dalam darah, yang dapat memberikan data kemungkinan kondisi penyakitnya.

Nuklida  $^{99m}\text{Tc}$  adalah isotop radioaktif yang sering digunakan untuk mengembangkan citra internal organ tubuh. Isotop tersebut meluruh disertai emisi sinar gamma menjadi  $^{99}\text{Tc}$  keadaan dasar.

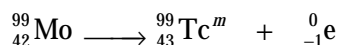
Citra dibuat dengan *men-scan* bagian tubuh oleh emisi sinar gamma dari  $^{99m}\text{Tc}$  dan dideteksi secara skintilasi (penyinaran). **Gambar 5.12** menunjukkan citra tulang kerangka manusia yang diperoleh dengan isotop  $^{99m}\text{Tc}$ .

Teknetium yang menyerpa bagian tubuh, setelah *scanning* segera diekresi oleh tubuh dan sinar gamma meluruh sampai ke tingkat yang dapat diabaikan oleh tubuh sekitar sejam. Di rumah sakit, isotop teknetium diproduksi dalam generator teknetium molibdinum-99. Generator mengandung ion molibdat radioaktif,  $\text{MoO}_4^{2-}$  yang terserap pada butiran alumina.

Isotop  $^{99}\text{Mo}$  radioaktif sendiri dibuat pada reaktor nuklir. Isotop  $^{98}\text{Mo}$  nonradioaktif dibombardir dengan neutron.



Selanjutnya, Molibdam radioaktif ini diserapkan pada alumina dan ditempatkan dalam generator, dan dikirim ke rumah sakit. Ion perteknetat diperoleh ketika isotop  $^{99}\text{Mo}$  dalam  $\text{MoO}_4^{2-}$  meluruh. Persamaan peluruhannya adalah



Setiap hari ion perteknetat,  $\text{TcO}_4^-$  harus dicuci dari generator dengan larutan garam yang tekanan osmosisnya sama dengan tekanan osmosis dalam darah.

Gambar 5.11

- (a) Perangkat uji radon dapat digunakan di rumah atau perkantoran.  
(b) Kobalt-60 digunakan untuk terapi kanker.



Sumber: Chemistry, 2001

Gambar 5.12

Citra tulang rangka manusia menggunakan  $^{99m}\text{Tc}$ .

### Kata Kunci

- Inti metastabil
- Citra internal



Ion perteknetat diterapkan untuk mengembangkan citra otak, sedangkan senyawa teknetium yang lain diterapkan untuk mengembangkan citra organ tubuh yang lain. Senyawa kompleks teknetium tertentu dapat berikatan dan merusak jaringan hati. Senyawa ini diterapkan untuk mendiagnosis serangan jantung. Saat ini tengah dikembangkan senyawa isotop radioaktif dari teknetium yang diharapkan dapat melihat fungsi berbagai organ tubuh yang lain.

#### b. Radio Immuno Assay (RIA)

*Radio Immuno Assay* (RIA) adalah teknik pengembangan terkini untuk menganalisis darah dan cairan tubuh lain, seperti hormon, steroid, dan antigen dalam jumlah sangat sedikit. Teknik yang dikembangkan ini bergantung pada ikatan antara zat dengan antibodi. Antibodi diproduksi dalam hewan sebagai proteksi terhadap zat asing. Antibodi memproteksi dengan mengikat zat dan mencacah aktivitas biologinya.

Metode yang telah diterapkan adalah analisis insulin dalam cuplikan darah pasien. Sebelum analisis, larutan insulin yang mengikat antibodi dikembangkan dari hewan secara laboratorium.

Kemudian, larutan insulin digabungkan dengan insulin yang mengandung isotop radioaktif, di mana antibodi terikat pada insulin radioaktif. Sampel yang mengandung sejumlah insulin tidak dikenal ditambahkan kepada campuran antibodi-insulin radioaktif.

Insulin yang bukan radioaktif mengganti beberapa insulin radioaktif yang terikat pada antibodi. Akibatnya, antibodi kehilangan sejumlah radioaktivitas. Hilangnya radioaktivitas dapat dihubungkan dengan jumlah insulin dalam sampel darah.

Teknik RIA juga digunakan secara luas untuk menentukan *Human Placenton Lactogen* (HPL) pada tahap kehamilan. Informasi tersebut sangat penting dalam bidang ginekologi sehingga dokter dapat membedakan kehamilan yang normal dan abnormal sejak dini.

### 3. Aplikasi dalam Industri dan Pertanian

Salah satu aplikasi radioisotop dalam bidang pertanian adalah untuk menentukan pemakaian pupuk optimum. Berapa kadar pupuk yang harus ditambahkan ke dalam tanah, dan berapa kadar pupuk yang diserap tanaman.

Kadar pupuk optimum dapat ditentukan dengan menambahkan amonium fosfat berlabel  $^{32}\text{P}$  yang memiliki aktivitas tertentu. Selanjutnya, dilakukan pengukuran aktivitasnya pada akar, daun, batang atau bagian lain dari tanaman.

Total fosfor yang dibutuhkan tanaman ditentukan melalui analisis kimia dan penambahan pupuk ditentukan oleh keaktifan yang terukur. Perbedaan dari kedua pengukuran itu menunjukkan fosfor yang terdapat dalam tanah. Dari hasil penelitian terbukti bahwa hasil panen jauh lebih melimpah jika penambahan pupuk fosfat dilakukan pada saat benih disemai atau pada saat 60% pertumbuhan akar.

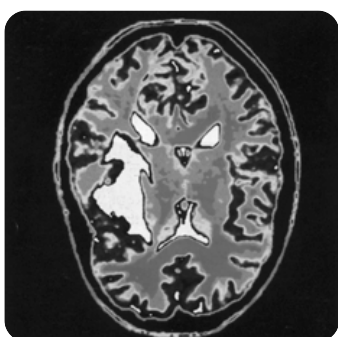
Oleh karena banyak unsur dapat diaktifkan dengan neutron dan emisi radiasinya memiliki frekuensi tertentu yang khas maka teknik pencarian sumber alam yang terdapat dalam kerak bumi banyak melibatkan partikel neutron. Contohnya, pencarian sumber air dan minyak bumi. Alat bor dilengkapi dengan sumber neutron, diharapkan dapat menginduksi keradioaktifan terhadap unsur-unsur yang terdapat dalam tanah pada kedalaman tertentu.



Sumber: *Chemistry The Central Science*, 2000

**Gambar 5.13**

Diagnosis dengan instrumen PET (*Positron Emission Tomography*) untuk men-scanning otak.



Sumber: *Chemistry*, 2001

**Gambar 5.14**

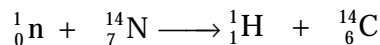
Molekul yang ditandai dengan radioisotop iodin-123, digunakan untuk mempelajari aliran darah ke otak. Emisi dari  $^{123}\text{I}$  dideteksi di sekitar otak Pasien.

Neutron penginduksi biasanya bersumber dari (Po + Be) dengan peluruhan sekitar 107 neutron per detik dan dirakit, seperti pada **Gambar 5.15**. Setelah terjadi induksi keradioaktifan oleh neutron, unsur-unsur sekitar menjadi bersifat radioaktif, dan memancarkan radiasi gamma dengan energi yang khas untuk setiap unsur. Radiasi gamma akan tersidik pada detektor sehingga dapat diketahui macam unsur yang ada dalam tanah itu.

Teknik ini secara luas dikembangkan untuk menentukan keberadaan sumber air atau minyak bumi. Jika terdapat unsur hidrogen, energi gamma yang tersidik sekitar 2,2 MeV, unsur oksigen sekitar 6,7 MeV, dan unsur karbon sekitar 4,4 MeV.

#### 4. Aplikasi dalam Kepurbakalaan

Pengukuran umur batuan dapat dilakukan melalui pengukuran peluruhan  $^{14}\text{C}$  yang telah membuka tabir sejarah manusia dan prasejarah sekitar 35.000 tahun silam. Isotop  $^{14}\text{C}$  dengan waktu paruh 5.730 tahun dihasilkan secara terus-menerus di atmosfer akibat sinar kosmik. Sinar kosmik berenergi sangat tinggi menyebabkan terjadinya reaksi inti berenergi tinggi menghasilkan neutron. Neutron tersebut selanjutnya bertumbukan dengan inti  $^{14}\text{N}$  di atmosfer membentuk  $^{14}\text{C}$ .



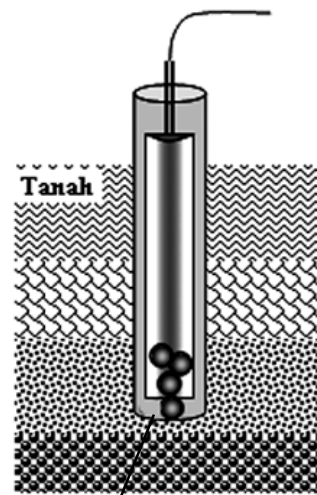
Isotop  $^{14}\text{C}$  masuk ke atmosfer bumi dan bercampur dengan  $^{12}\text{C}$  yang stabil membentuk senyawa, misalnya  $\text{H}^{14}\text{CO}_3^-$  dalam lautan,  $^{14}\text{CO}_2$  di atmosfer. Senyawa tersebut selanjutnya dikonsumsi oleh tanaman dan hewan, selanjutnya oleh manusia.

Jika tanaman atau hewan mati (misalnya, jika pohon ditebang), pertukaran karbon dengan sekitarnya berhenti. Oleh karenanya, jumlah  $^{14}\text{C}$  yang terdapat dalam tanaman yang ditebang mulai meluruh.

Setelah ratusan bahkan ribuan tahun, tanaman yang mati sudah menjadi fosil. Melalui pengukuran aktivitas  $^{14}\text{C}$  dalam fosil tanaman, umur fosil itu dapat diramalkan.

Metode pengukuran dengan  $^{14}\text{C}$  dikembangkan oleh **W.F. Libby** yang dikalibrasi terhadap teknik pengukuran umur batuan yang lain (seperti catatan sejarah yang ditulis) dan hasilnya cukup konsisten.

Namun demikian, pembakaran fosil minyak bumi selama satu abad terakhir dapat meningkatkan produksi isotop  $^{12}\text{C}$  di atmosfer, yang tentu dapat menimbulkan kesukaran dalam menerapkan metode pengukuran dengan  $^{14}\text{C}$  pada masa yang akan datang.



Neutron mengaktifasi unsur-unsur di sekitarnya

**Gambar 5.15**

Teknik pencarian sumber alam (air, minyak bumi)

#### Kata Kunci

- Aktivitas
- Neutron penginduksi
- Reaksi inti

#### Kegiatan Inkuiri



Fragmen tulang manusia purba ditemukan dekat Bengawan Solo, dan dianalisis dengan radiokarbon. Sebanyak 100 g sampel tulang dicuci dengan HCl 1 M untuk mengeluarkan mineral dalam tulang dan tersisa protein. Protein tulang dikumpulkan, dikeringkan, dipirolisis. Gas  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan dikumpulkan dan dimurnikan. Perbandingan  $\frac{^{14}\text{C}}{^{12}\text{C}}$  diukur. Jika cuplikan ini mengandung 5,7%  $^{14}\text{C}$ , berapa usia manusia purba itu?

## Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Dalam laju reaksi dikatakan bahwa katalis turut serta dalam reaksi, tetapi pada akhir reaksi, katalis diperoleh kembali. Bagaimana Anda dapat membuktikan bahwa katalis turut serta dalam reaksi dengan cara runutan isotop radioaktif?
2. Mengapa isotop  $^{60}\text{Co}$  lebih umum dipakai untuk terapi kanker daripada isotop  $^{222}\text{Rn}$ .
3. Pernahkah Anda di-*scan* dengan radioisotop (*Rontgen*)? Berapa rentang waktu yang diperbolehkan untuk di-*scan* kembali?

## C. Reaksi Fisi dan Fusi

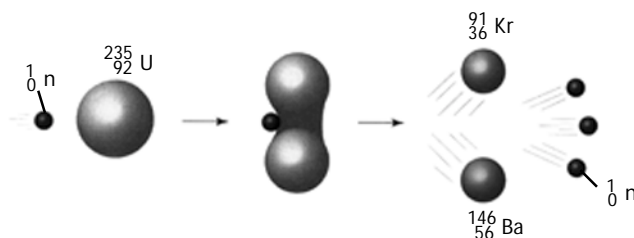
Reaksi inti, seperti halnya reaksi elektronik, melibatkan perubahan energi. Akan tetapi, perubahan energi dalam reaksi inti bersifat sertamerta dan berantai sehingga perlu pengetahuan dan teknologi tinggi untuk mengembangkan reaktornya. Ada tiga jenis reaktor nuklir, yaitu reaktor untuk reaksi fusi, reaktor fisi, dan reaktor pembiak.

### 1. Reaksi Fisi

Reaksi fisi adalah *reaksi pembelahan nuklida radioaktif menjadi nuklida-nuklida dengan nomor atom mendekati stabil*. Pembelahan nuklida ini disertai *pelepasan sejumlah energi dan sejumlah neutron*. Reaksi fisi inti uranium-235 dioperasikan dalam reaktor tenaga nuklir untuk pembangkit tenaga listrik.

Jika inti  $^{235}\text{U}$  dibombardir dengan neutron, akan dihasilkan inti-inti atom yang lebih ringan, disertai pelepasan energi, juga pelepasan neutron sebanyak 2 hingga 3 buah. Jika neutron dari setiap reaksi fisi bereaksi lagi dengan inti  $^{235}\text{U}$  yang lain, inti-inti ini akan terurai dan melepaskan lebih banyak neutron. Oleh karena itu, terjadi reaksi yang disebut *reaksi berantai (chain reaction)*.

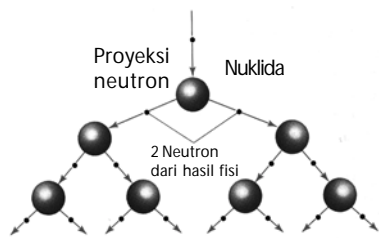
**Gambar 5.16**  
Reaksi fisi  $^{235}\text{U}$  dengan neutron membentuk kripton dan barium disertai pelepasan energi sebesar  $3,5 \times 10^{-11}$  J dan sejumlah neutron yang siap bereaksi fisi dengan inti yang lain.



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

Reaksi berantai adalah sederetan reaksi fisi yang berlangsung spontan dan sertamerta, disebabkan oleh neutron yang dilepaskan dari reaksi fisi sebelumnya bereaksi lagi dengan inti-inti yang lain. Oleh karena satu reaksi fisi dapat menghasilkan 3 neutron, jumlah inti yang melakukan fisi berlipat secara cepat, seperti ditunjukkan pada **Gambar 5.17**. Reaksi berantai dari fisi inti merupakan dasar dari reaktor nuklir dan senjata nuklir.

**Gambar 5.17**  
Reaksi berantai pada reaksi fisi



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

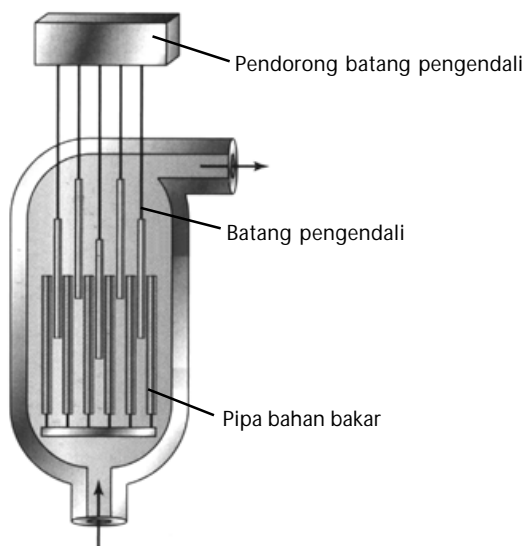
Agar dapat memanfaatkan reaksi berantai dari suatu sampel radioaktif yang berpotensi fisi maka reaksi fisi harus dikendalikan dengan cara mengendalikan neutron yang dilepaskan dari reaksi itu. Dengan demikian, hanya satu neutron yang dapat melangsungkan reaksi fisi berikutnya.

Berdasarkan hasil pengamatan, jika sampel radioaktif terlalu sedikit, neutron-neutron yang dihasilkan dari reaksi fisi meninggalkan sampel radioaktif sebelum neutron-neutron itu memiliki kesempatan untuk bereaksi dengan inti-inti radioaktif yang lain. Dengan kata lain, terdapat *massa kritis* untuk bahan tertentu yang berpotensi fisi, yang dapat melangsungkan reaksi berantai (lihat **Gambar 5.18**). Massa kritis adalah massa terkecil dari suatu sampel yang dapat melakukan reaksi berantai.

Jika massa terlalu besar (super kritis), jumlah inti yang pecah berlipat secara cepat sehingga dapat menimbulkan ledakan dan petaka bagi manusia, seperti pada bom atom. Bom atom merupakan kumpulan massa subkritis yang dapat melakukan reaksi berantai. Ketika dijatuhkan massa subkritis menyatu membentuk massa super kritis sehingga terjadi ledakan yang sangat dahsyat (**Gambar 5.19**).

Reaktor fisi nuklir adalah suatu tempat untuk melangsungkan reaksi berantai dari reaksi fisi yang terkendali. Energi yang dihasilkan dari reaktor ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi nuklir.

Reaktor nuklir terdiri atas pipa-pipa berisi bahan bakar radioaktif dan batang pengendali neutron yang disisipkan ke dalam pipa bahan bakar nuklir tersebut. Perhatikan **Gambar 5.20**.

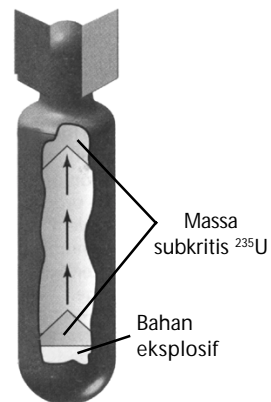


Sirkulasi air pendingin

Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

Pipa bahan bakar berbentuk silinder mengandung bahan yang berpotensi fisi. Dalam reaktor air ringan ( $^1\text{H}_2\text{O}$ ), pipa bahan bakar berisi uranium yang berpotensi melangsungkan reaksi fisi.

Uranium yang digunakan sebagai bahan bakar dalam reaktor nuklir mengandung isotop  $^{235}\text{U}$  sekitar 3%. Batang pengendali neutron dibuat dari bahan yang dapat menyerap neutron, seperti boron dan kadmium sehingga dapat mengendalikan reaksi berantai.



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

**Gambar 5.18**

Konstruksi bom atom



Sumber: Chemistry, 2001

**Gambar 5.19**

Ledakan bom menyerupai cendawan.

**Gambar 5.20**

Skema bagian inti dari reaktor nuklir

## Kata Kunci

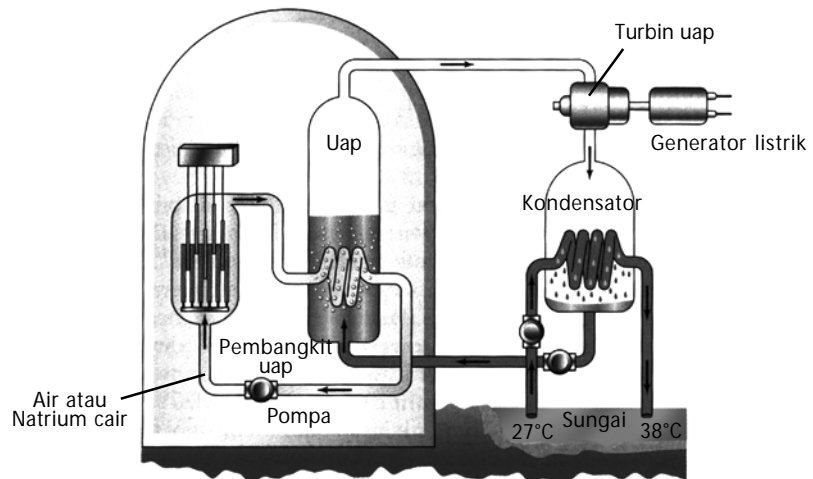
- Reaktor nuklir
- Reaksi fisi
- Reaksi fusi
- Reaksi berantai
- Partikel pembom (proyektil)
- Tolakan elektrolisis

Pengendalian neutron dilakukan dengan cara menaikkan atau menurunkan batang pengendali yang disisipkan dalam pipa bahan bakar. Dalam keadaan darurat, batang-batang pengendali ini, dapat dimasukkan seluruhnya ke dalam pipa bahan bakar guna menghentikan reaksi fisi.

Selain batang pengendali, terdapat alat yang disebut moderator. Moderator ini berguna untuk memperlambat gerakan neutron. Moderator dipasang jika bahan bakar uranium-235 merupakan fraksi terbanyak dari total bahan bakar. Moderator yang dipakai umumnya air berat ( $^2\text{H}_2\text{O}$ ), air ringan ( $^1\text{H}_2\text{O}$ ), atau grafit.

Bahan bakar nuklir, selain uranium-235, juga uranium-238 dapat dijadikan bahan bakar. Keunggulan dan kelemahan dari kedua bahan bakar tersebut, yaitu jika uranium-238, bereaksi lebih cepat dengan neutron hasil reaksi fisi dibandingkan uranium-235, tetapi uranium-235 bereaksi lebih cepat dengan neutron yang telah diperlambat oleh moderator.

Pada reaktor air ringan,  $^1\text{H}_2\text{O}$  berperan sebagai moderator, sekaligus sebagai pendingin. Gambar berikut menunjukkan rancang bangun reaktor air bertekanan atau reaktor air ringan.



**Gambar 5.21**

### Reaktor nuklir air ringan (konstruksi air bertekanan)

Batang bahan bakar memanaskan air yang disirkulasikan ke penukar kalor. Uap yang dihasilkan dalam penukar kalor dilewatkan ke turbin yang mendorong generator listrik.

Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

Air dalam reaktor dipertahankan sekitar  $350^\circ\text{C}$  pada tekanan 150 atm agar tidak terjadi pendidihan. Air panas ini disirkulasikan menuju penukar kalor, di mana kalor digunakan untuk menghasilkan uap, dan uap tersebut menuju turbin untuk pembangkit listrik.

Setelah periode waktu tertentu, hasil reaksi fisi yang menyerap neutron berakumulasi dalam pipa bahan bakar. Hal ini menimbulkan interferensi dengan reaksi rantai sehingga pipa bahan bakar harus diganti secara berkala.

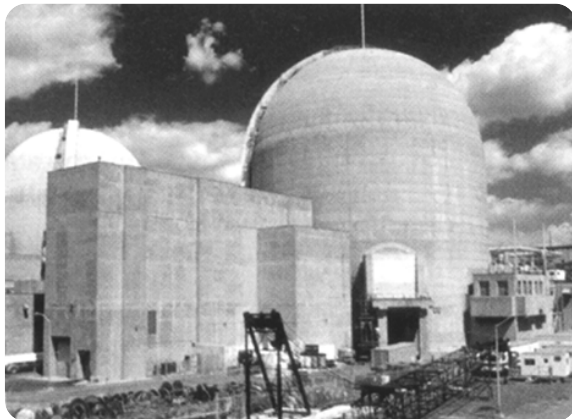
## Kegiatan Inkuiri



Mengapa isotop  $^{238}\text{U}$  tidak dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar dalam reaktor nuklir, melainkan isotop  $^{235}\text{U}$ ? Jelaskan berdasarkan hasil reaksi inti uranium dengan neutron.

Buangan sisa bahan bakar menjadi limbah nuklir. Limbah ini dapat diproses ulang. Bahan bakar sisa tersebut dipisahkan secara kimia dari limbah radioaktif. Plutonium-239 adalah salah satu jenis bahan bakar hasil pemisahan dari buangan limbah nuklir. Isotop ini diproduksi selama reaktor beroperasi, yaitu pemboman uranium-238 oleh neutron. Isotop plutonium-239 juga berpotensi fisi dan dipakai untuk membuat bom atom atau senjata nuklir.

Ketersediaan isotop plutonium-239 dalam jumlah besar akan meningkatkan kesempatan negara-negara maju untuk menyalahgunakan plutonium dijadikan bom atom atau senjata nuklir pemusnah masal. Sisa bahan bakar nuklir sebaiknya tidak didaur-ulang. Masalah utama bagi lembaga tenaga nuklir adalah bagaimana membuang sampah radioaktif yang aman.



(a)

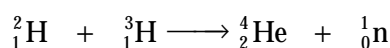
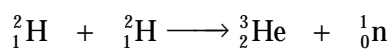


(b)

Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

## 2. Reaksi Fusi

Reaksi fusi adalah *reaksi nuklida-nuklida ringan digabungkan menjadi nuklida dengan nomor atom lebih besar*. Misalnya, inti deuterium ( $^2\text{H}$ ) dipercepat menuju target yang mengandung deuterium ( $^2\text{H}$ ) atau tritium ( $^3\text{H}$ ) membentuk nuklida helium. Persamaannya:



Untuk mendapatkan reaksi fusi inti, partikel pembom (proyektil) harus memiliki energi kinetik yang memadai untuk melawan tolakan muatan listrik dari inti sasaran (lihat **Gambar 5.23**).

Disamping pemercepat partikel, cara lain untuk memberikan energi kinetik memadai kepada inti proyektil agar dapat bereaksi dengan inti sasaran dilakukan melalui pemanasan inti sasaran hingga suhu sangat tinggi. Suhu pemanasan inti sasaran sekitar  $10^8\text{ }^\circ\text{C}$ . Pada suhu ini semua elektron dalam atom mengelupas membentuk plasma. *Plasma adalah gas netral yang mengandung ion dan elektron*.

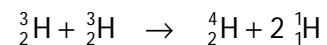
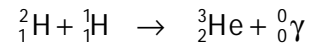
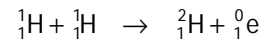
Masalah utama dalam mengembangkan reaksi fusi terkendali adalah bagaimana kalor plasma yang bersuhu sangat tinggi dapat dikendalikan. Kendalanya, jika plasma menyentuh bahan apa saja, kalor dengan cepat dihantarkan dan suhu plasma dengan cepat turun.



Energi yang terdapat di matahari sebagai akibat dari reaksi fusi.

**Energi total:**  
+ 26,7 MeV

**Reaksi individu:**

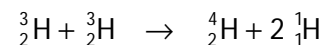
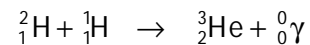
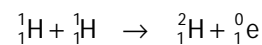


Bom hidrogen yang pernah dikembangkan juga menerapkan reaksi fusi inti untuk tenaga penghancurnya.

*Energy released by sun is caused fusion reaction.*

**Total energy:**  
+ 26,7 MeV

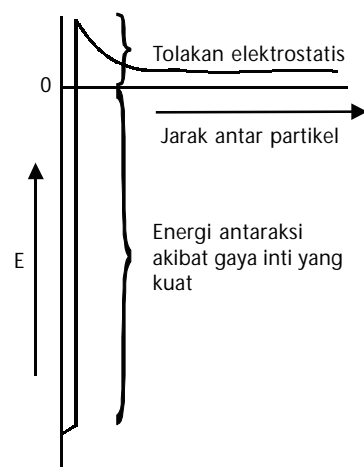
**Individual reaction:**



*The hydrogen bom which has been developed also apply the nuclei fusion reaction to generate destroying power.*

**Gambar 5.22**

(a) Gedung reaktor nuklir  
(b) Bagian pusat dari reaktor nuklir

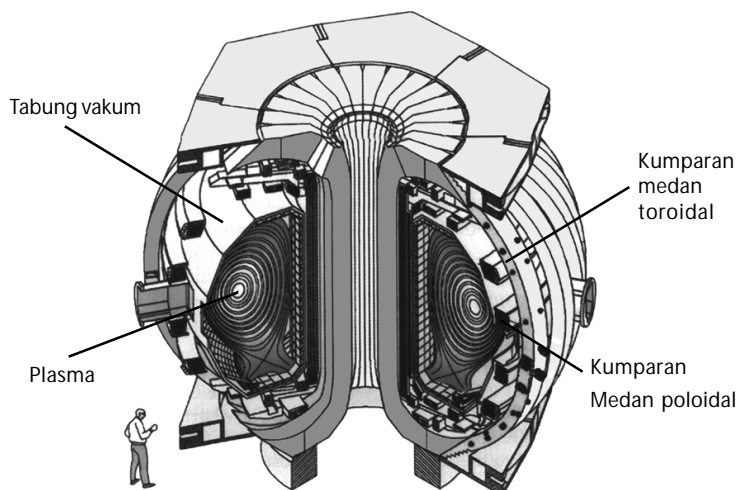


**Gambar 5.23**

Grafik energi antaraksi dua inti terhadap tolakan elektrostatis

Reaktor uji fusi inti Tokamak menggunakan medan magnet berbentuk donat untuk mempertahankan suhu plasma dari setiap bahan, seperti ditunjukkan pada **Gambar 5.24**.

**Gambar 5.24**  
Reaksi fusi inti tokamak



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

## Tes Kompetensi Subbab C

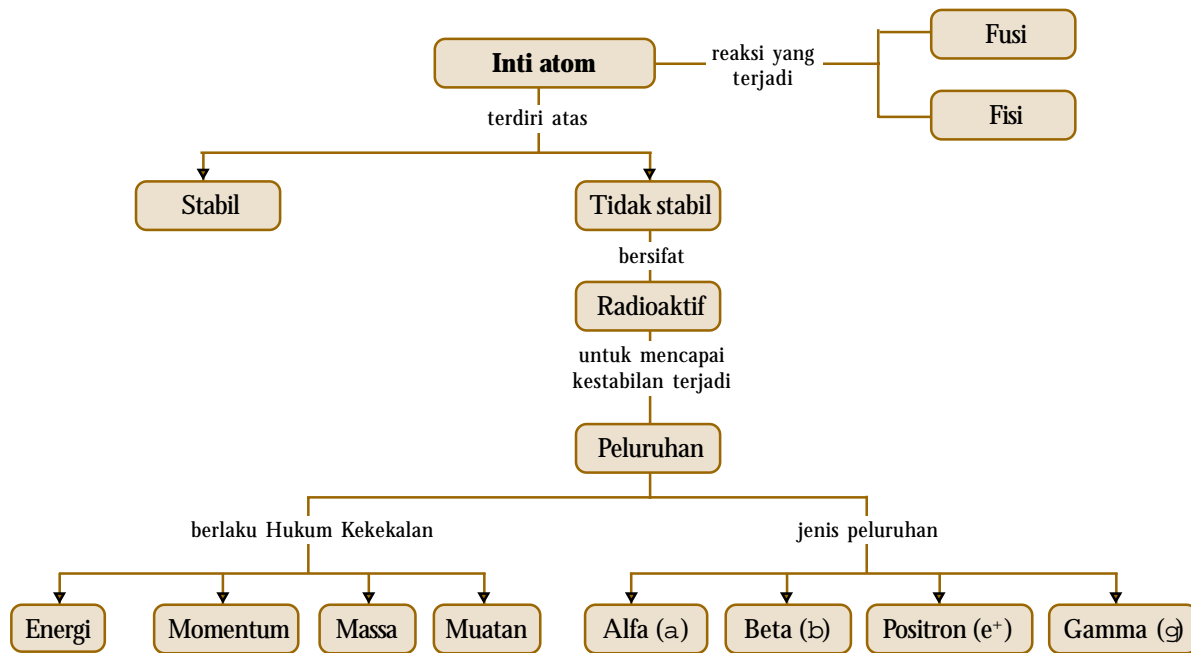
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Jelaskan perbedaan antara reaksi fisi dan reaksi fusi.
2. Mengapa nuklida ringan melepaskan energi ketika melakukan fusi untuk membentuk nuklida lebih berat, sedangkan nuklida relatif berat juga melepaskan energi ketika berlangsung melakukan fisi?
3. Jelaskan keuntungan dan kerugian reaktor fisi dibandingkan reaktor fusi.

## Rangkuman

1. Kestabilan inti dapat ditinjau dari aspek kinetika dan termodinamika. Secara kinetika, inti yang tidak stabil akan meluruh menjadi inti yang lebih stabil, melibatkan emisi partikel alfa, beta, positron, dan sinar gamma.
2. Secara termodinamika, kestabilan inti dapat dikaji dari energi nukleosintesis. Nukleosintesis adalah pembentukan nuklida dari nukleon-nukleonna.
3. Pada nukleosintesis terjadi kehilangan massa. Menurut Einstein, energi yang hilang dalam nukleosintesis setara dengan perubahan massa atau  $\Delta E = \Delta mc^2$ .
4. Massa yang hilang dalam nukleosintesis diubah menjadi energi ikat inti. Energi ikat inti adalah energi yang diperlukan untuk mengikat nukleon-nukleon di dalam inti agar tidak terurai.
5. Jenis peluruhan radioaktif dapat berupa partikel alfa, beta, positron, atau sinar gamma.
6. Aktivitas radioaktif dapat disidik dengan alat yang disebut pencacah radiasi. Ada dua jenis alat pencacah radiasi, yaitu pencacah Geiger dan pencacah skintilasi.
7. Isotop radioaktif banyak dimanfaatkan untuk berbagai bidang, seperti kimia, industri, pertanian, perminyakan, dan terutama dalam bidang kedokteran dan medis.
8. Penentuan umur radiokarbon menggunakan nisbah  $\frac{^{14}\text{C}}{^{12}\text{C}}$  untuk menentukan objek yang mengandung karbon dari sumber yang hidup.
9. Fusi inti adalah proses penggabungan dua inti ringan membentuk inti lebih berat dan lebih stabil. Fisi inti adalah pemecahan inti berat menjadi dua inti yang lebih ringan. Adapun reaktor nuklir menerapkan fisi terkendali.

## Peta Konsep



## Refleksi

Apakah Anda merasa kesulitan dalam memahami materi Bab 5 ini? Bagian manakah dari materi Bab 5 ini yang belum Anda kuasai? Jika Anda merasa kesulitan, diskusikan dengan teman atau guru Anda.

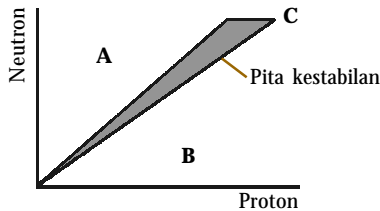
Pada bab ini Anda telah mempelajari mengenai kestabilan suatu inti atom sehingga diketahui bahwa inti atom tidak stabil jika inti atom tersebut bersifat radioaktif. Anda juga telah mengetahui sifat-sifat fisik dan kimia unsur-unsur radioaktif tersebut, serta kegunaan dan bahayanya.

Sifat keradioaktifan suatu unsur dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi, antara lain sebagai sumber energi, untuk analisis kimia; dalam bidang kedokteran dan farmasi; dalam industri dan pertanian; serta keperbakaan. Dapatkah Anda menyebutkan manfaat lainnya dari mempelajari sifat keradioaktifan suatu unsur?



**A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.**

1. Perhatikan grafik pita kestabilan berikut.



Unsur radioaktif yang terletak di daerah A akan mencapai stabil dengan cara memancarkan ....

- A. partikel  $\alpha$
  - B. partikel  $\beta$
  - C. partikel  $\gamma$
  - D. positron
  - E. neutron
2. Dengan melihat grafik pita kestabilan pada soal nomor 1, unsur radioaktif yang terletak di daerah B akan mencapai stabil dengan memancarkan ....
- A. partikel  $\alpha$
  - B. partikel  $\beta$
  - C. partikel  $\gamma$
  - D. positron
  - E. neutron
3. Nuklida yang memiliki nilai  $\frac{n}{p}$  lebih besar dibandingkan

$\frac{n}{p}$  nuklida stabil akan mengalami ....

- A. peluruhan  $\alpha$
  - B. peluruhan  $\beta$
  - C. pemancaran positron
  - D. reaksi pembelahan
  - E. reaksi penggabungan
4. **Ebtanas 1997:**

Isotop radioaktif  ${}_{92}^{238}\text{U}$  mengalami peluruhan menjadi

${}_{90}^{234}\text{Th}$  dengan cara ....

- A. menangkap partikel alfa
  - B. emisi positron
  - C. menangkap elektron
  - D. emisi partikel alfa
  - E. emisi beta
5. **Ebtanas 1999:**
- Setelah 4 tahap memancarkan sinar  $\alpha$  dan 1 tahap memancarkan sinar  $\beta$ , isotop radioaktif Th akhirnya menjadi ....
- A.  ${}_{83}^{212}\text{Bi}$
  - B.  ${}_{83}^{210}\text{Bi}$
  - C.  ${}_{81}^{210}\text{Ti}$
  - D.  ${}_{90}^{218}\text{Bi}$
  - E.  ${}_{82}^{206}\text{Pb}$

6. Jika suatu nuklida mengemisikan partikel  $\beta$  akan terjadi ....

- A. penambahan nomor massa satu satuan
  - B. pengurangan nomor atom satu satuan
  - C. pengurangan nomor atom dua satuan
  - D. penambahan nomor atom satu satuan
  - E. tidak mengalami perubahan nomor atom
7. Inti atom hidrogen menangkap satu proton dan berubah menjadi ....
- A. partikel alfa
  - B. sinar beta
  - C. tritium
  - D. deuterium
  - E. positron

8. Pada peluruhan radioaktif  ${}_{92}^{234}\text{U}$  menjadi  ${}_{82}^{206}\text{Pb}$  melibatkan emisi ....

- A. 7 partikel  $\alpha$  dan 4 partikel  $\beta$
- B. 6 partikel  $\alpha$ , 1 neutron, dan 3 proton
- C. 8 partikel  $\alpha$  dan 6 elektron
- D. 6 partikel  $\alpha$ , 3 elektron, dan 2 deuteron
- E. 10 elektron dan 5 partikel  $\alpha$

9. **UMPTN 2000/C:**

Pada peluruhan  ${}_{83}^{212}\text{Bi}$  menjadi  ${}_{84}^{212}\text{Po}$ , kemudian meluruh lagi menjadi  ${}_{82}^{208}\text{Pb}$ . Partikel-partikel yang diemisikan berturut-turut adalah ...

- A. foton dan beta
- B. foton dan alfa
- C. beta dan foton
- D. beta dan alfa
- E. alfa dan beta

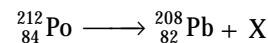
10. **UMPTN 1994/B:**

Pada proses  ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \longrightarrow {}_{38}^{94}\text{Sr} + {}_{54}^{139}\text{Xe} + \dots$  terjadi pelepasan ....

- A. satu partikel alfa
- B. tiga partikel beta
- C. dua partikel positron
- D. tiga partikel neutron
- E. dua partikel neutron

11. **UMPTN 1995/C:**

Pada proses peluruhan polonium menjadi timbal:



maka X adalah ....

- A. neon
- B. proton
- C. neutron
- D. deuteron
- E. helium

12. **UMPTN 1998/A:**

Pada reaksi inti:  ${}^{238}_{92}\text{U} + a \longrightarrow X + 3 {}^1_0\text{n}$

Berdasarkan reaksi inti, X adalah ....

- A.  ${}^{234}_{90}\text{Th}$                       D.  ${}^{239}_{94}\text{Pu}$   
 B.  ${}^{236}_{90}\text{Th}$                       E.  ${}^{240}_{94}\text{Pu}$   
 C.  ${}^{235}_{92}\text{U}$

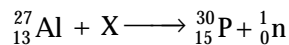
13. **UMPTN 1996/B:**

Pada reaksi transformasi  ${}^{14}_7\text{N}(\alpha, x) {}^{17}_8\text{O}$ , x adalah....

- A. elektron                      D. neutron  
 B. proton                        E. positron  
 C. gamma

14. **UMPTN 2000/A:**

Jika atom aluminium ditembaki dengan partikel X, akan terjadi isotop fosfor, sesuai dengan reaksi:



Dalam persamaan reaksi ini, X adalah ....

- A. partikel beta                  D. partikel neutron  
 B. partikel alfa                  E. foton  
 C. atom tritium

15. Energi ikat inti per nukleon pada nukleosintesis helium adalah (dalam MeV) ...

- A. 4,00                              D. 675  
 B. 7,07                              E. 931,5  
 C. 28,30

16. Energi ikat inti per nukleon pada nukleosintesis deuterium adalah (dalam MeV) ....

- A. 1,008                            D. 5,764  
 B. 2,013                            E. 9,315  
 C. 2,329

17. **Ebtanas 1997:**

Berikut beberapa contoh penggunaan radioisotop

- Na-24 untuk menyelidiki kebocoran pipa minyak dalam tanah
- Co-60 untuk mensterilkan alat-alat kedokteran
- I-131 untuk mengetahui letak tumor pada otak manusia
- P-32 untuk memberantas hama tanaman

Radioisotop di atas yang berfungsi sebagai perunut adalah ....

- A. 1 dan 2                          D. 2 dan 4  
 B. 1 dan 3                          E. 3 dan 4  
 C. 1 dan 4

18. Radioisotop Co-60 dapat digunakan untuk mengobati penyakit kanker sebab dapat mengemisikan ....

- A. beta                                D. infra merah  
 B. gamma                            E. ultraviolet  
 C. alfa

19. **Ebtanas 1999:**

Sebagai sumber radiasi untuk mensterilkan alat-alat kedokteran dapat digunakan isotop ....

- A. I-131                                D. Na-24  
 B. Co-60                              E. C-12  
 C. P-32

20. Isotop yang digunakan untuk menentukan umur suatu fosil adalah ....

- A. C-12                                D. Co-60  
 B. C-13                                E. P-32  
 C. C-14

21. Radioisotop yang dipakai untuk memperoleh citra organ tubuh di rumah sakit adalah ....

- A. Na-24                                D. U-235  
 B. Tc-99                                E. Po-238  
 C. Mo-99

22. Reaksi fisi yang dikembangkan dalam reaktor nuklir menggunakan bahan bakar ....

- A. U-235                                D. Co-60  
 B. U-238                                E. Th-234  
 C. Po-239

23. Bom atom dapat meledak dengan kekuatan sangat dahsyat sebab ....

- A. seluruh bahan radioaktif musnah  
 B. tercipta banyak gas panas  
 C. lebih banyak bahan peledak dibandingkan bom biasa  
 D. massa diubah menjadi energi dalam waktu seketika  
 E. ikatan kimia dalam bahan bom berenergi sangat besar

24. Batang kadmium dalam reaktor nuklir berfungsi sebagai ....

- A. mengubah neutron yang bergerak cepat menjadi neutron termal  
 B. bereaksi dengan  ${}^{235}\text{U}$  untuk menghasilkan energi  
 C. menyediakan deuterium untuk reaksi fisi dengan  ${}^{235}\text{U}$   
 D. melangsungkan pembakaran untuk memicu reaksi fisi  
 E. menyediakan partikel alfa

25. **Ebtanas 1996:**

Contoh reaksi fisi adalah ....

- A.  ${}^{98}_{42}\text{Mo} + {}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^{99}_{42}\text{Mo} + \gamma$   
 B.  ${}^{238}_{92}\text{U} + {}^4_2\text{He} \longrightarrow {}^{240}_{94}\text{Pu} + 2 {}^1_0\text{n}$   
 C.  ${}^3_2\text{He} + {}^3_2\text{He} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H}$   
 D.  ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \longrightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$   
 E.  ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^{139}_{56}\text{Ba} + {}^{94}_{36}\text{Kr} + 3 {}^1_0\text{n}$

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.**

1. Andaikan nuklida radioaktif dengan rasio neutron-proton lebih besar daripada isotop stabilnya. Bagaimana modus peluruhan yang mungkin dari nuklida ini dan mengapa melalui cara itu?
2. Tuliskan persamaan reaksi inti untuk setiap proses berikut.
  - a.  $^{11}_6\text{C}$  memancarkan positron
  - b.  $^{214}_{83}\text{Bi}$  memancarkan partikel  $\beta$
  - c.  $^{237}_{93}\text{C}$  memancarkan partikel  $\alpha$
3. Curium disintesis pertama kali melalui pemboman suatu unsur dengan partikel alfa. Menghasilkan curium-242 dan neutron. Apa nama unsur sasaran?
4. Hitung energi yang dilepaskan per gram hidrogen untuk reaksi berikut.
$$^1_1\text{H} + ^1_1\text{H} \longrightarrow ^2_1\text{H} + ^0_1\text{e}$$
Diketahui massa atom  $^1\text{H} = 1,00782$ ;  $^2\text{H} = 2,0141$ .
5. Pembakaran satu mol grafit melepaskan energi 393,5 kJ. Berapa perubahan massa yang sesuai dengan hilangnya energi tersebut?
6. Tuliskan lima komponen utama reaktor nuklir dan fungsinya. Apakah setiap komponen menimbulkan masalah bagi lingkungan? jelaskan.
7. Mengapa isotop  $^{238}\text{U}$  tidak dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar dalam reaktor nuklir?

# Proyek Semester 1



## Air Mancur Amonia

Reaksi  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , dan  $\text{CaO}$  menghasilkan gas amonia. Gas amonia yang terbentuk mudah bereaksi dengan air. Oleh karenanya, saat labu berisi amonia tersebut dihubungkan dengan gelas berisi air, tekanan dalam labu berkurang jika pipet yang dihubungkan di antara keduanya dipijit-pijit. Air akan naik ke dalam labu membentuk seperti air mancur yang berwarna merah. Warna merah ini berasal dari larutan basa amonia dalam air. Pada proyek **Semester 1** Anda ditugaskan untuk membuat amonia dan melaporkan data pengamatan kelompok Anda dalam bentuk karya tulis. Amonia adalah senyawa kovalen yang mengandung atom nitrogen. Selain banyak diaplikasikan dalam industri untuk pembuatan bahan baku pupuk, amonia juga berguna untuk pembuatan air mancur, karena memiliki warna yang menarik. Buatlah laporan berupa karya tulis kelompok Anda setelah melakukan proyek semester ini.

### Tujuan

Untuk membuat amonia dan diaplikasikan sebagai air mancur hiasan.

### Alat dan Bahan

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| 1. Statif: - dasar         | 8. Labu bundar 250 mL                              |
| - batang : 250 mm          | 9. Pipet tetes                                     |
| - kaki: 500 mm             | 10. Tabung reaksi 150× 25 mm                       |
| 2. Bosshead                | 11. Gelas kimia 1000 mL                            |
| 3. Klem universal          | 12. Pembakar spiritus                              |
| 4. Sumbat karet (1 lubang) | 13. Kalsium oksida ( $\text{CaO}$ )                |
| 5. Sumbat karet (2 lubang) | 14. Amonium Klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )     |
| 6. Pipa kaca lurus         | 15. Barium Hidroksida ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ) |
| 7. Pipa kaca bengkok 110°  | 16. Larutan fenolftalein (PP) 1%*                  |

\*Tersedia dalam bentuk padatnya. Larutan dibuat dengan mencampurkan beberapa gram padatan (sesuai konsentrasi yang diinginkan) dengan sejumlah pelarut aquades atau air biasa).

### Langkah Kerja

1. Rangkai tabung reaksi dan peralatan lainnya seperti terlihat pada gambar berikut.

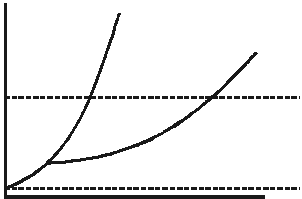


2. Panaskan  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , dan  $\text{CaO}$ , di dalam tabung reaksi hingga terbentuk gas amonia ( $\text{NH}_3$ ) di dalam labu.
3. Tes dengan kuas yang sudah dicelupkan ke dalam larutan HCl. Apabila terbentuk kabut membuktikan bahwa  $\text{NH}_3$  sudah terkumpul cukup banyak.
4. Tutup mulut labu dengan sumbat dua lubang yang telah dipasang pipa kaca lurus dan pipet berisi air.
5. Masukkan ujung pipa kaca ke dalam gelas kimia berisi air yang ditetesi larutan PP 1%.
6. Tekan pipet pada labu yang berisi gas  $\text{NH}_3$ . Amati yang terjadi dalam labu.

# Evaluasi Kompetensi Kimia

## Semester 1

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

- Fraksi mol metanol dalam larutan air mengandung 80% metanol adalah ...
  - 0,3
  - 0,5
  - 0,2
  - 0,8
  - 0,9
- 1,2-benzantrasena adalah padatan berwarna kuning yang nonvolatil dengan berat molekul  $228 \text{ g mol}^{-1}$ . Sebanyak 18,26 g sampel dilarutkan dalam 250 mL benzena. Berapa tekanan uap larutan pada  $25^\circ\text{C}$  (dalam mmHg) jika tekanan uap benzena pada suhu itu 93,4 mmHg?
  - 60,8
  - 91,1
  - 93,4
  - 95,7
  - 760
- Suatu larutan mengandung 3,24 g zat nonvolatil dan nonelektrolit, juga 200 g air mendidih pada  $100,130^\circ\text{C}$  pada 1 atm. Berapakah berat molekul zat terlarut?  $K_f$  molal air adalah 0,51.
  - 120
  - 60
  - 46
  - 180
  - 64
- Manakah di antara zat nonvolatil berikut jika dilarutkan dalam pelarut benzena akan memiliki tekanan uap larutan paling rendah? Diketahui jumlah gram terlarut sama.
  - $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
  - $\text{C}_8\text{H}_{10}$
  - $(\text{CH}_3)_2(\text{OH})_2$
  - $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$
  - $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$
- Perhatikan diagram fasa berikut.
 

Jika suhu dinaikkan dari  $0^\circ\text{C}$  hingga  $50^\circ\text{C}$  pada tekanan tetap 0,5 atm, terjadi proses ...

  - sublimasi
  - fusi
  - penguapan
  - pembekuan
  - pengembunan
- Larutan berikut dibuat dengan konsentrasi molal yang sama. Larutan yang memiliki titik beku paling rendah adalah ....
  - KBr
  - $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$
  - $\text{CH}_3\text{COONa}$
  - $\text{NaNO}_2$
  - $\text{MgCl}_2$
- Tekanan osmotik tiga jenis larutan dengan molaritas yang sama, misalnya urea, asam propanoat, dan natrium klorida diukur pada suhu yang sama. Diharapkan bahwa ...
  - tekanan osmotik urea paling besar
  - tekanan osmotik asam propanoat lebih besar dari natrium klorida
  - tekanan osmotik asam propanoat paling besar
  - tekanan osmotik asam propanoat lebih besar dari urea
  - semua tekanan osmotik larutan sama
- Jika tekanan osmotik larutan sukrosa 0,01 M pada  $27^\circ\text{C}$  adalah 0,25 atm maka tekanan osmotik larutan NaCl 0,01 M pada suhu yang sama adalah ...
  - 0,062 atm
  - 0,12 atm
  - 0,25 atm
  - 0,50 atm
  - 1,0 atm
- Reaksi ion permanganat dan ion oksalat dalam larutan basa adalah :
 
$$\text{MnO}_4^-(aq) + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}(aq) \longrightarrow \text{MnO}_2(s) + \text{CO}_3^{2-}(aq)$$
 Jika persamaan ini disetarakan maka jumlah  $\text{OH}^-$  dalam persamaan itu ...
  - nol
  - dua di kanan
  - dua di kiri
  - empat di kanan
  - empat di kiri
- Jika  $\text{PbS}(s)$  direaksikan dengan larutan encer  $\text{HNO}_3$  hangat, hasil reaksinya ...
  - $\text{Pb}^{2+}(aq)$ ,  $\text{S}(s)$ ,  $\text{NO}_2(g)$
  - $\text{Pb}^{2+}(aq)$ ,  $\text{S}(s)$ ,  $\text{NO}(g)$
  - $\text{PbO}(s)$ ,  $\text{S}(s)$ ,  $\text{NO}(g)$

- D.  $\text{PbO}_2(s)$ ,  $\text{SO}_4^{2-}(aq)$ ,  $\text{N}_2(g)$   
 E.  $\text{Pb}^{2+}(aq)$ ,  $\text{H}_2\text{S}(g)$ ,  $\text{NO}_2(g)$
11. Jika ion  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  direaksikan dengan  $\text{I}_2$  dihasilkan ion  $\text{I}^-$  dan ion  $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ . Dalam titrasi larutan  $\text{I}_2$  diperlukan 32,78 mL  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,2 M untuk bereaksi sempurna dengan  $\text{I}_2$ . Jumlah milimol  $\text{I}_2$  dalam larutan adalah ....  
 A. 1,639  
 B. 3,278  
 C. 4,917  
 D. 6,556  
 E. 9,834
12. Diketahui data potensial reduksi standar:  
 1.  $\text{Fe}^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(aq)$   $E^\circ = + 0,77 \text{ V}$   
 2.  $\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(s)$   $E^\circ = + 0,34 \text{ V}$   
 3.  $\text{Pb}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Pb}(s)$   $E^\circ = - 0,13 \text{ V}$   
 4.  $\text{H}_2\text{O}(l) + e^- \longrightarrow \frac{1}{2} \text{H}_2(g) + \text{OH}^-(aq)$   $E^\circ = + 0,50 \text{ V}$   
 Berdasarkan data di atas, urutan yang lebih dulu dielektrolisis pada katode ....  
 A. 1, 2, 3, 4  
 B. 1, 3, 4, 2  
 C. 1, 4, 2, 3  
 D. 1, 4, 3, 2  
 E. 1, 3, 2, 4
13. Pada elektrolisis larutan natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) menggunakan arus sebesar 1 faraday, diperoleh gas oksigen pada keadaan STP sebanyak ....  
 A. 89,6 L  
 B. 22,4 L  
 C. 11,2 L  
 D. 5,6 L  
 E. 2,8 L
14. Untuk menghambat terjadinya proses korosi, pipa besi yang dipendam di dalam tanah dihubungkan dengan logam yang lebih reaktif, misalnya magnesium. Di dalam sistem ....  
 A. elektron mengalir dari besi ke magnesium  
 B. magnesium mengalami oksidasi  
 C. besi berfungsi sebagai anode  
 D. besi melepaskan elektron  
 E. magnesium berfungsi sebagai katode
15. Pipa bawah tanah digunakan untuk distribusi BBM atau PDAM yang cenderung terkorosi oleh lingkungan yang bersifat korosif. Reaksi korosi secara keseluruhan melibatkan....  
 A. reduksi besi  
 B. oksidasi besi menjadi ion  $\text{Fe}^{2+}$   
 C. oksidasi oksigen menjadi ion  $\text{OH}^-$   
 D. oksidasi besi dengan asam dari gas  $\text{CO}_2$  terlarut  
 E. reduksi oksigen menjadi uap air
16. Pernyataan berikut merupakan sifat-sifat gas mulia, *kecuali* ....  
 A. unsur paling stabil  
 B. sukar melepaskan atau menangkap elektron  
 C. mudah bereaksi dengan unsur lain

- D. terdapat di atmosfer dalam keadaan bebas  
 E. titik beku mendekati suhu 0 K
17. Di antara asam halida berikut yang *tidak* dapat dibuat menggunakan asam sulfat pekat adalah ....  
 A. HF dan HCl  
 B. HF dan HBr  
 C. HBr dan HI  
 D. HCl dan HBr  
 E. HCl dan HI
18. Perhatikan tabel sifat fisik unsur golongan alkali:

Sifat	Li	Na	K	Rb	Cs
Konfigurasi elektron	[He] 2s <sup>1</sup>	[Ne] 3s <sup>1</sup>	[Ar] 4s <sup>1</sup>	[Kr] 5s <sup>1</sup>	[Xe] 6s <sup>1</sup>
Energi ionisasi (kJ mol <sup>-1</sup> )	520	500	420	400	380
Kerapatan (g cm <sup>-3</sup> )	0,53	0,97	0,86	1,53	1,88
Jari-jari ion (Å)	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7
Potensial reduksi (E <sup>o</sup> )	-3,05	-2,71	-2,93	-2,92	-2,92

- Dari data di atas, kereaktifan unsur golongan alkali dipengaruhi oleh ....  
 A. konfigurasi elektronik  
 B. energi ionisasi pertama  
 C. jari-jari atom  
 D. kerapatan (massa jenis)  
 E. potensial reduksi standar (E<sup>o</sup>)
19. Logam alkali berikut jika dibakar akan menghasilkan superoksida adalah ....  
 A. Na dan K  
 B. Li dan Na  
 C. Li dan K  
 D. K dan Rb  
 E. Li dan Rb
20. Pembuatan unsur-unsur logam alkali umumnya dilakukan melalui proses ....  
 A. pirolisis  
 B. kromatografi  
 C. pemanggangan  
 D. elektrolisis  
 E. peptisasi
21. Pembuatan unsur-unsur logam alkali tanah umumnya dilakukan melalui proses ....  
 A. pirolisis  
 B. kromatografi  
 C. pemanggangan  
 D. elektrolisis  
 E. peptisasi
22. Pemanasan logam Mg di udara, selain terbentuk MgO juga terbentuk "zat lain". Adanya zat itu dapat dibuktikan dengan menambahkan air hingga terbentuk gas yang dapat membirukan lakmus, zat lain tersebut adalah ....  
 A.  $\text{Mg}(\text{OH})_2$   
 B.  $\text{Mg}_3\text{N}_2$   
 C.  $\text{MgCO}_3$

- D.  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$   
E.  $\text{Mg}(\text{CN})_2$
23. Dibandingkan dengan logam alkali yang seperiode, logam alkali tanah memiliki ....  
A. jari-jari yang lebih besar  
B. energi ionisasi lebih rendah  
C. sifat reduktor lebih kuat  
D. keelektronegatifan lebih kecil  
E. titik leleh lebih tinggi
24. Pada pembuatan aluminium, kriolit yang dipakai berperan sebagai ....  
A. reduktor  
B. oksidator  
C. lapisan tahan panas  
D. pelarut  
E. bahan baku utama
25. Reaksi berikut ini yang merupakan reaksi aluminotermik adalah ....  
A.  $3\text{MnO}_2(s) + 4\text{Al}(s) \longrightarrow 3\text{Mn}(s) + 2\text{Al}_2\text{O}_3(s)$   
B.  $2\text{Al}(s) + 6\text{HCl}(aq) \longrightarrow 2\text{AlCl}_3(s) + 3\text{H}_2(g)$   
C.  $4\text{Al}(s) + 3\text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3(s)$   
D.  $2\text{Al}(s) + 3\text{F}_2(g) \longrightarrow 2\text{AlF}_3(s)$   
E.  $2\text{Al}(s) + 6\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3(s) + 3\text{H}_2(g)$
26. Logam aluminium mempunyai sifat-sifat sebagai berikut, *kecuali* ....  
A. dapat bereaksi dengan asam kuat  
B. larut dalam larutan NaOH  
C. dengan basa kuat menghasilkan gas  $\text{H}_2$   
D. merupakan oksidator kuat  
E. dengan  $\text{HNO}_3$  pekat menghasilkan oksida nitrogen
27. Logam yang *tidak* diperoleh dengan proses elektrolisis adalah ....  
A. natrium  
B. aluminium  
C. magnesium  
D. silikon  
E. merkuri
28. Di antara unsur berikut yang dapat bereaksi dengan uap air pada suhu tinggi adalah ....  
A. C dan Ge  
B. Sn dan Pb  
C. Ge dan Pb  
D. Si dan Sn  
E. Si dan C
29. Pembuatan silikon ultra-murni dapat dilakukan melalui proses ....  
A. elektrolisis  $\text{SiCl}_4$   
B. distilasi kuarsa ( $\text{SiO}_2$ )  
C. pemurnian zona  
D. pemanggangan kuarsa  
E. kromatografi lapis tipis
30. Kereaktifan molekul fosfor ( $\text{P}_4$ ) disebabkan oleh ....  
A. ikatan antaratomnya  
B. struktur molekulnya  
C. konfigurasi elektronnya  
D. kerapatannya  
E. keelektronegatifannya
31. Pengolahan batuan fosfat,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  dengan asam ortofosfat akan menghasilkan ....  
A.  $\text{CaSO}_4$   
B.  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$   
C.  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$   
D.  $\text{CaHPO}_4$   
E.  $\text{CaHPO}_3$
32. Teknik yang digunakan untuk memperoleh belerang dari alam adalah melalui proses ....  
A. kontak  
B. Frasch  
C. kamar timbal  
D. elektrolisis  
E. pengapungan
33. Proses pembuatan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  melalui pembentukan  $\text{SO}_3$  dengan katalis  $\text{V}_2\text{O}_5$  dinamakan proses ....  
A. kontak  
B. hidrolisis  
C. kamar timbal  
D. elektrolisis  
E. reduksi-oksidasi
34. Pembuatan silikon ultra-murni dapat dilakukan melalui proses ....  
A. elektrolisis  $\text{SiCl}_4$   
B. distilasi kuarsa ( $\text{SiO}_2$ )  
C. pemurnian zona  
D. pemanggangan kuarsa  
E. kromatografi lapis tipis
35. Senyawa nitrogen berikut biasa dipakai sebagai pupuk, *kecuali* ....  
A.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$   
B.  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$   
C.  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$   
D.  $\text{KNO}_3$   
E.  $\text{NaNO}_3$
36. Berikut ini merupakan hasil dalam tahapan pembuatan asam sulfat dalam proses kontak, *kecuali* ....  
A.  $\text{SO}_2$   
B.  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
C.  $\text{SO}_3$   
D.  $\text{H}_2\text{S}$   
E.  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$
37. Di antara pernyataan berikut yang benar tentang belerang dan oksigen adalah ....  
A. geometri molekul  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{H}_2\text{S}$  keduanya linear  
B. hidrogen sulfida memiliki tingkat keasaman yang lebih lemah daripada air  
C. belerang kurang elektronegatif dibandingkan oksigen

- D. H<sub>2</sub>O bersifat polar, sedangkan H<sub>2</sub>S nonpolar  
E. dalam senyawa, ikatan tunggal S-S tidak ada sedangkan O-O ada
38. Semua pernyataan berikut tentang unsur golongan transisi, *kecuali* ....  
A. semua unsur transisi lebih bersifat logam  
B. dalam larutan cair kebanyakan ionnya berwarna  
C. hampir semua unsur transisi menunjukkan sifat katalitik  
D. semua unsur transisi memiliki orbital d yang tidak penuh  
E. hampir semua unsur transisi menunjukkan satu keadaan valensi
39. Kuningan adalah paduan ....  
A. tembaga dan timah  
B. tembaga dan seng  
C. timbal dan timah  
D. aluminium dan tembaga  
E. aluminium dan nikel
40. Dalam ion Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub><sup>2+</sup>, valensi dan bilangan koordinasi tembaga adalah ....  
A. 0 dan 3  
B. +4 dan 12  
C. +2 dan 8  
D. +2 dan 4  
E. +2 dan 12
41. Persamaan setara yang benar untuk reaksi larutan amonia pekat dan suspensi seng(II) hidroksida adalah...  
A. Zn<sup>2+</sup>(aq) + 4NH<sub>3</sub>(aq) → Zn(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub><sup>2+</sup>(aq)  
B. Zn(OH)<sub>2</sub>(s) + 4NH<sub>3</sub>(aq) → Zn(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub><sup>2+</sup>(aq) + 2OH<sup>-</sup>(aq)  
C. Zn(OH)<sub>2</sub>(s) + 2OH<sup>-</sup>(aq) → Zn(OH)<sub>4</sub><sup>2-</sup>(aq)  
D. Zn(OH)<sub>2</sub>(s) + 2NH<sub>4</sub><sup>+</sup>(aq) → Zn<sup>2+</sup>(aq) + 2NH<sub>4</sub>OH(aq)  
E. Zn<sup>2+</sup>(aq) + 2NH<sub>3</sub>(aq) → Zn(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub><sup>2+</sup>(aq)
42. Potasium heksasianoferat(II) adalah senyawa....  
A. K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]  
B. KFe(SCN)<sub>4</sub>  
C. K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]  
D. K<sub>3</sub>[Fe(SCN)<sub>6</sub>]  
E. K<sub>4</sub>[Fe(NCO)<sub>6</sub>]
43. Senyawa kompleks yang bersifat diamagnetik adalah ....  
A. Fe(CN)<sub>6</sub><sup>4-</sup>  
B. Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub><sup>2+</sup>  
C. Ti(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub><sup>3+</sup>  
D. Ni(en)<sub>3</sub><sup>2+</sup>  
E. Co(py)<sub>6</sub><sup>2+</sup>
44. Senyawa kompleks berikut yang *tidak* bersifat paramagnetik adalah ....  
A. Ti<sup>3+</sup>(aq)  
B. Sc<sup>3+</sup>(aq)  
C. V<sup>3+</sup>(aq)  
D. Cr<sup>3+</sup>(aq)  
E. Mn<sup>3+</sup>(aq)
45. Energi ikat inti per nukleon dalam atom helium adalah ....  
A. 4,00 MeV  
B. 7,07 MeV  
C. 28,30 MeV  
D. 675 MeV  
E. 931,5 MeV
46. Isotop-isotop radioaktif ringan (NA = 20) yang mempunyai perbandingan neutron-proton lebih besar dari satu akan mencapai stabil dengan cara ....  
A. pancaran alfa  
B. penangkapan elektron  
C. pancaran beta  
D. pancaran positron  
E. pancaran gamma
47. Batang karbon di dalam reaktor nuklir berfungsi sebagai ....  
A. mengubah neutron yang bergerak cepat menjadi neutron termal  
B. bereaksi dengan <sup>235</sup>U untuk menghasilkan energi  
C. menyediakan deuterium untuk reaksi fisi dengan <sup>235</sup>U  
D. melangsungkan pembakaran untuk memicu reaksi fisi  
E. menyediakan partikel alfa
48. Contoh reaksi fisi adalah ...  
A.  ${}_{42}^{98}\text{Mo} + {}_0^1\text{n} \longrightarrow {}_{42}^{99}\text{Mo} + \gamma$   
B.  ${}_{92}^{238}\text{U} + {}_2^4\text{He} \longrightarrow {}_{94}^{240}\text{Pu} + 2{}_0^1\text{n}$   
C.  ${}_{2}^3\text{He} + {}_{2}^3\text{He} \longrightarrow {}_{2}^4\text{He} + {}_{1}^1\text{H} + {}_{1}^1\text{H}$   
D.  ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_{2}^4\text{He} \longrightarrow {}_{8}^{17}\text{O} + {}_{1}^1\text{H}$   
E.  ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \longrightarrow {}_{56}^{139}\text{Ba} + {}_{36}^{94}\text{Kr} + 3{}_0^1\text{n}$
49. Isotop-isotop radioaktif ringan (nomor atom < 20) yang mempunyai perbandingan neutron-proton lebih besar dari satu akan mencapai stabil dengan cara ....  
A. pancaran alfa  
B. penangkapan elektron  
C. pancaran beta  
D. pancaran positron  
E. pancaran gamma
50. Berdasarkan perbandingan neutron-proton untuk isotop ringan (nomor atom < 20) maka isotop yang paling stabil adalah ....  
A.  ${}_{6}^{11}\text{C}$   
B.  ${}_{7}^{15}\text{N}$   
C.  ${}_{8}^{15}\text{O}$   
D.  ${}_{19}^{37}\text{K}$   
E.  ${}_{20}^{40}\text{Ca}$



**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.**

1. Suatu larutan dibuat dengan mencampurkan 50 g glukosa dengan 600 air. Berapa tekanan uap larutan ini pada 25°C? (Pada suhu 25°C tekanan uap air murni adalah 0,03 atm).
2. Hitung penurunan titik beku dan tekanan osmosis pada 25°C larutan 1,0 g L<sup>-1</sup> protein (M<sub>r</sub> = 90.000), jika kerapatan larutan 1,0 g cm<sup>-3</sup>.
3. Tubuh kita mengubah karbohidrat, lemak, dan protein ke dalam bentuk gula sederhana, seperti glukosa (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) melalui pembakaran menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Tunjukkan bahwa pembakaran gula adalah reaksi redoks.
4. Setarakan persamaan reaksi redoks berikut, dan tentukan zat pereduksi serta pengoksidasinya.
  - a.  $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{NO}_3^- \longrightarrow \text{NO}_2(\text{g}) + \text{S}_8(\text{s})$  (asam)
  - b.  $\text{MnO}_4^- + \text{I}^- \longrightarrow \text{MnO}_2(\text{s}) + \text{IO}_3^-$  (basa)
  - c.  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{l}) + \text{MnO}_4^- \longrightarrow \text{O}_2(\text{g}) + \text{MnO}_2(\text{s})$  (basa)
  - d.  $\text{Hg}_2^{2+} + \text{H}_2\text{S}(\text{g}) \longrightarrow \text{Hg}(\text{g}) + \text{S}_8(\text{s})$  (asam)
5. Pada keadaan tertentu, elektrolisis larutan AgNO<sub>3</sub> mendepositkan 1,0 g logam perak. Pada keadaan yang sama, berapa gram I<sub>2</sub> yang dihasilkan dari elektrolisis larutan NaI?
6. Ksenon tetrafluorida adalah padatan yang tidak berwarna. Tuliskan struktur Lewis untuk molekul XeF<sub>4</sub>. Apa nama hibrida dari atom ksenon dalam senyawa ini? Bagaimana geometri menurut ramalan VSEPR untuk molekul ini?
7. Barium sulfat diberikan secara oral untuk memperoleh fotografis perut dengan sinar-X. Barium karbonat merupakan senyawa yang tidak larut dalam air. Mengapa karbonat tidak dapat dipakai dalam media yang mengandung sulfat?
8. Nyatakan jenis hibridisasi apa yang terdapat pada atom pusat dalam senyawa kompleks berikut.
  - a.  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$
  - b.  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$
  - c.  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$
  - d.  $[\text{FeP}_6]^{3-}$
9. Rutherford dapat melangsungkan reaksi transformasi inti pertama dengan memborbardir inti nitrogen-14 dengan partikel alfa. Namun demikian, dalam percobaan hamburan partikel alfa oleh lempeng tipis emas reaksi transformasi inti tidak terjadi. Apakah ada perbedaan antara kedua percobaan ini? Apa yang diperlukan agar reaksi transformasi inti yang melibatkan inti emas dan partikel alfa terjadi?
10. Manakah yang lebih baik dengan membuang bahan radioaktif ke lingkungan, radionuklida Sr atau radionuklida Xe? Dengan asumsi jumlah radioaktif sama. Jelaskan jawaban Anda berdasarkan pada sifat-sifat kimia Sr dan Xe.

# Bab 6



Sumber: [www.paperhistory.org](http://www.paperhistory.org)

Proses pengisian bahan kertas oleh bahan yang mengandung senyawa organik (hidrokarbon dengan gugus karbonil), di pabrik kertas, Swiss.

## Senyawa Organik

### Hasil yang harus Anda capai:

memahami senyawa organik dan reaksinya, benzena dan turunannya, dan makromolekul

### Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

mendeskripsikan struktur, cara penulisan, tata nama, sifat, kegunaan, dan identifikasi senyawa karbon (haloalkana, alkanol, alkoksi alkana, alkanal, alkanon, asam alkanoat, dan alkil alkanoat)

Pada abad ke-18 diketahui senyawa hidrokarbon hanya dapat diperoleh dari makhluk hidup sehingga senyawa hidrokarbon disebut senyawa organik. Di Kelas X Anda telah belajar sifat khas atom karbon yang dapat berikatan dengan atom karbon dan atom-atom lain selain atom hidrogen. Sifat inilah yang menjadikan senyawa karbon melimpah di alam dengan berbagai sifat fisika dan sifat kimia. Senyawa hidrokarbon memiliki sifat tertentu akibat adanya atom selain atom karbon dan hidrogen di dalamnya. Atom-atom tersebut dinamakan *gugus fungsional senyawa hidrokarbon*.

Gugus fungsional pada senyawa hidrokarbon tersebut berperan penting dalam kereaktifannya terhadap senyawa atau atom lain. Oleh karena itu, para Kimiawan banyak mensintesis senyawa hidrokarbon yang mengandung gugus fungsi berbeda-beda untuk dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi. Kosmetik untuk wanita, cuka yang digunakan pada makanan, dan pengawet bahan biologis merupakan contoh aplikasi zat yang mengandung senyawa hidrokarbon dengan gugus fungsi yang berbeda. Apa sajakah gugus fungsi senyawa hidrokarbon tersebut? Anda dapat menemukan jawabannya setelah mempelajari bab ini.

- A. Gugus Fungsional Senyawa Karbon
- B. Haloalkana
- C. Alkohol dan Eter
- D. Aldehid dan Keton
- E. Asam Karboksilat dan Ester
- F. Senyawa Karbon Mengandung Nitrogen

### Tes Kompetensi Awal

1. Apakah yang dimaksud dengan senyawa hidrokarbon?
2. "Atom karbon memiliki sifat khas". Apakah maksud dari pernyataan tersebut?
3. Apa yang dimaksud dengan senyawa turunan hidrokarbon?

## A. Gugus Fungsional Senyawa Karbon

Atom karbon, di samping memiliki kemampuan berikatan dengan atom karbon lain, juga dapat berikatan dengan atom unsur-unsur lain. Dalam hidrokarbon, atom karbon dapat berikatan dengan atom hidrogen membentuk senyawa hidrokarbon. Selain itu, atom karbon dapat juga berikatan dengan atom-atom lain, seperti oksigen, nitrogen, fosfor, belerang, dan halogen.

Atom atau gugus atom yang terikat pada senyawa hidrokarbon dapat menentukan sifat-sifat senyawa karbon. Atom atau gugus karbon tersebut lebih reaktif dari yang lainnya, dinamakan *gugus fungsi*. Dengan kata lain, gugus fungsi adalah *bagian reaktif dari senyawa karbon yang menentukan sifat fisika dan kimia senyawa karbon*.

Jika atom halogen (F, Cl, Br, I) terikat pada senyawa hidrokarbon maka senyawa yang terbentuk akan memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang ditentukan oleh gugus tersebut. Perhatikan **Tabel 6.1**.

**Tabel 6.1** Gugus Fungsional Senyawa Karbon

Gugus Fungsi	Rumus umum	Nama
— X	R—X	Haloalkana
— OH	R—OH	Alkohol
— O —	R—O—R'	Eter
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—H} \end{array}$	R—CHO	Aldehid
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—} \end{array}$	R—CO—R'	Keton
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—OH} \end{array}$	R—COOH	Asam karboksilat
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—O—} \end{array}$	R—COO—R'	Ester
$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{—N—H} \end{array}$	RNH <sub>2</sub>	Amina

### Kata Kunci

- Hidrokarbon
- Gugus fungsi

Tabel tersebut menunjukkan beberapa gugus fungsi, rumus umum dengan R yang menyatakan residu dari hidrokarbon, dan nama kelompok senyawa karbon yang dibentuknya. Selain menentukan tata nama senyawa karbon secara sistem (IUPAC), gugus fungsi juga menentukan sifat fisika dan sifat kimia senyawa bersangkutan.

Berbagai reaksi kimia senyawa karbon ditentukan oleh gugus fungsi. Sebagian besar reaksi senyawa karbon merupakan perubahan gugus fungsi menjadi gugus fungsi lain. Dengan demikian, gugus fungsi memiliki peran penting dalam mempelajari senyawa karbon dan reaksi senyawa karbon.

## Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Mengapa gugus fungsi memiliki peran penting dalam mempelajari senyawa karbon dan reaksi senyawa karbon? Jelaskan.
2. Sifat-sifat apa sajakah yang dapat dijelaskan melalui gugus fungsi? Jelaskan.

## B. Haloalkana

Haloalkana adalah *senyawa karbon yang mengandung halogen*. Haloalkana memiliki rumus umum:



X adalah atom halogen (F, Cl, Br, I). Dengan kata lain, haloalkana adalah senyawa karbon turunan alkana yang atom H-nya diganti oleh atom halogen.

### 1. Tata Nama Haloalkana

Tatanama senyawa haloalkana diawali dengan kata fluoro, kloro, bromo, atau iodo dan diikuti nama alkana yang mengikatnya.

**Contoh:**

$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-I}$	Monoiodoetana
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{Cl}$	Monoklorobutana
$\text{CH}_2\text{Br-CH}_2\text{Br}$	1,2-dibromoetana
$\text{CHCl}_3$	Triklorometana (kloroform)
$\text{CCl}_4$	Tetraklorometana (karbon tetraklorida)

### Kegiatan Inkuiri

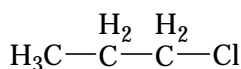


Cari tahu oleh Anda sifat dari senyawa kloroform. Mengapa kloroform bersifat membius?

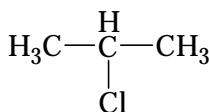
### 2. Isomer Haloalkana

Isomer adalah senyawa-senyawa yang memiliki rumus molekul sama, tetapi susunan atom-atomnya berbeda. Ada beberapa macam isomer, seperti isomer posisi, isomer struktur, isomer fungsional, dan isomer *cis-trans*.

Berdasarkan fakta, haloalkana memiliki isomer posisi dan isomer struktural. Perhatikan struktur haloalkana berikut.



1-kloropropana



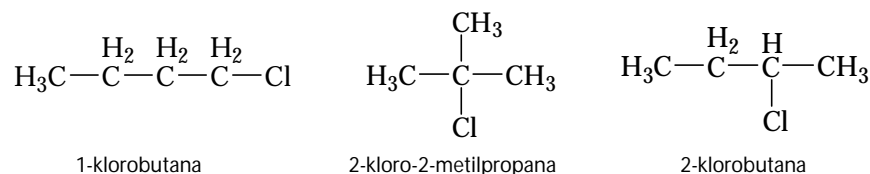
2-kloropropana

### Kata Kunci

- Haloalkana
- Isomer posisi
- Isomer struktur
- Isomer fungsional
- Isomer *cis-trans*

Kedua senyawa itu memiliki rumus molekul sama, yakni  $C_3H_7Cl$ , tetapi posisi atom klorin berbeda. Pada 1-kloropropana terikat pada atom karbon nomor 1, sedangkan pada 2-kloropropana terikat pada atom karbon nomor 2. Kedua senyawa ini dikatakan berisomer satu sama lain, yaitu isomer posisi.

Isomer struktur menyatakan perbedaan struktur dari senyawa haloalkana yang memiliki rumus molekul sama. Perhatikan struktur molekul berikut dengan rumus molekul sama, yakni  $C_4H_9Cl$ .



Ketiga senyawa itu tergolong halobutana, tetapi berbeda strukturnya. Oleh karena itu, ketiga senyawa tersebut berisomer struktur (senyawa dengan rumus molekul sama, tetapi berbeda struktur molekulnya). Disamping itu, 1-klorobutana dan 2-klorobutana berisomer posisi

### 3. Sifat Haloalkana

Senyawa klorometana dan kloroetana berwujud gas pada suhu kamar dan tekanan normal. Haloalkana yang lebih tinggi berupa cairan mudah menguap. Titik didih isomer haloalkana berubah sesuai urutan berikut: primer > sekunder > tersier, seperti ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 6.2** Titik Didih Senyawa Haloalkana

Senyawa	Titik Didih (°C)
1-kloropropana	46
2-kloropropana	34,8
1-klorobutana	77
2-klorobutana	68
1-kloro-2-metil propana	69
2-kloro-2-metil propana	51

Sumber: Kimia Lengkap SPPM, 1985

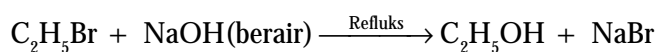


Refluks adalah teknik mendidihkan cairan dalam wadah labu distilasi yang disambung dengan alat pengembun (kondensor refluks) sehingga cairan terus-menerus kembali ke dalam wadah.

*Refluks is technique to boil some liquid in the distillation flask which is connented with condensor apparatus so that the liquid will be running back into the flask.*

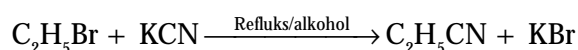
Energi ikatan rata-rata (dalam  $\text{kJ mol}^{-1}$ ):  $\text{C-F} = 485$ ;  $\text{C-Cl} = 339$ ;  $\text{C-Br} = 284$ ;  $\text{C-I} = 213$ . Hal ini menunjukkan bahwa senyawa iodoalkana paling reaktif untuk gugus alkil yang sama. Ikatan  $\text{C-F}$  adalah paling kuat sehingga senyawa fluoroalkana relatif stabil dan banyak digunakan sebagai gas propelan dalam bentuk aerosol.

Haloalkana dapat dihidrolisis menjadi alkohol yang bersesuaian jika diolah dengan basa alkali berair. Persamaan reaksinya:

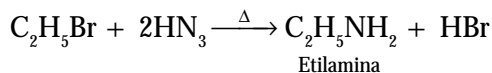


Etanol cair dapat digunakan sebagai pelarut untuk haloalkana.

Atom halogen pada haloalkana dapat diganti oleh gugus siano ( $-\text{CN}$ ) dengan cara pemanasan. Contohnya, bromopropana dicampurkan dengan kalium sianida dalam alkohol cair akan membentuk propanonitril dan kalium bromida. Persamaan reaksinya:



Jika haloalkana dipanaskan dalam larutan amonia beralkohol dalam wadah tertutup akan dihasilkan amina. Persamaan reaksinya:



#### 4. Pembuatan dan Kegunaan Senyawa Haloalkana

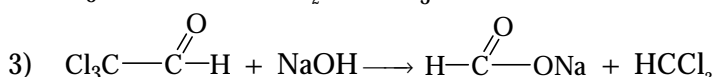
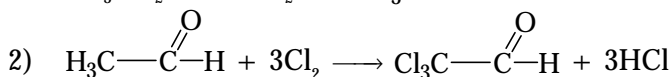
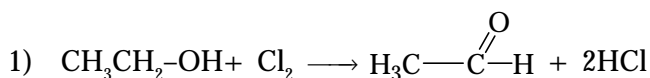
Senyawa haloalkana tidak dapat dibuat langsung dari alkana melalui reaksi substitusi sebab hasilnya selalu campuran haloalkana, seperti ditunjukkan pada reaksi berikut.



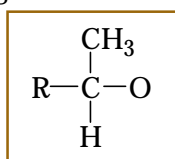
Untuk membuat haloalkana tunggal bergantung pada senyawa haloalkana yang akan diproduksi. Reaksinya tidak melalui reaksi substitusi, tetapi melalui beberapa tahap reaksi.

##### a. Pembuatan Haloform ( $\text{CHX}_3$ )

Jika etanol direaksikan dengan  $\text{X}_2$  ( $\text{Cl}_2$  atau  $\text{I}_2$ ) dalam suasana basa ( $\text{NaOH}$ ), mula-mula etanol dioksidasi menjadi etanal (aldehid). Kemudian, bereaksi dengan  $\text{X}_2$  membentuk trihaloetanal ( $\text{CX}_3\text{-COH}$ ). Dalam suasana basa, trihaloetanal berubah menjadi haloform. Tahap-tahap reaksinya sebagai berikut.

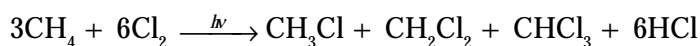


Senyawa karbon yang dapat dibuat menjadi senyawa haloalkana adalah senyawa yang memiliki gugus metil terikat pada atom C yang berikatan dengan atom oksigen. Rumus umumnya:



Contohnya, etanol, etanal, aseton, dan senyawa yang sejenis.

Jika alkana direaksikan dengan halogen pada suhu tinggi atau adanya cahaya ultraviolet, akan terbentuk campuran alkilhalida.



Reaksi antara  $\text{CH}_4$  dan  $\text{Cl}_2$  memiliki sifat-sifat khas sebagai berikut.

- 1) Reaksi tidak terjadi dalam keadaan gelap atau pada suhu rendah.
- 2) Reaksi terjadi jika ada cahaya ultraviolet atau pada suhu di atas  $250^\circ\text{C}$ .
- 3) Sekali reaksi dimulai, reaksi akan terus berlangsung hingga pereaksi habis atau cahaya ultraviolet dihilangkan.

#### Kegiatan Inkuiri



Diskusikan dengan teman sekelas Anda, apakah yang terjadi jika di lingkungan yang terik matahari terdapat gas klorin dan gas alam?



Pergantian atom atau gugus oleh atom atau gugus lain dinamakan reaksi substitusi.

*Replacement of an atom or a group by another called substitution reaction.*



Hasil reaksi meliputi  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  (diklorometana),  $\text{CHCl}_3$  (kloroform),  $\text{CCl}_4$  (karbon tetraklorida),  $\text{CH}_3\text{Cl}$  (klorometana), dan  $\text{C}_2\text{H}_6$ . Fakta ini mengisyaratkan adanya mekanisme reaksi berantai yang melibatkan tiga proses, yaitu *pemicu rantai*, *perambatan rantai*, dan *pengakhiran rantai*.

### 1) Pemicu Rantai

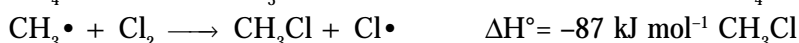
Molekul  $\text{Cl}_2$  dapat dipecah menjadi sepasang atom klor dengan menyerap energi dari cahaya ultraviolet atau kalor.



Atom klor yang dihasilkan pada reaksi ini adalah radikal bebas sebab mengandung satu elektron tidak berpasangan.

### 2) Perambatan Rantai

Radikal bebas seperti atom  $\text{Cl}\cdot$  sangat reaktif. Atom  $\text{Cl}\cdot$  dapat mengeluarkan atom hidrogen dari  $\text{CH}_4$  membentuk  $\text{HCl}$  dan radikal  $\text{CH}_3\cdot$ . Radikal  $\text{CH}_3\cdot$  selanjutnya mengeluarkan atom klor dari molekul  $\text{Cl}_2$  membentuk  $\text{CH}_3\text{Cl}$  dan radikal  $\text{Cl}\cdot$  yang baru.



Oleh karena atom  $\text{Cl}\cdot$  juga dibangkitkan pada tahap kedua maka setiap atom  $\text{Cl}\cdot$  yang bereaksi pada tahap pertama reaksi akan berkesinambungan (berantai). Reaksi berantai ini terjadi sampai dengan radikal yang terlibat dalam tahap perambatan rantai dihancurkan.

## Kata Kunci

- Reaksi berantai
- Radikal bebas

## Kegiatan Inkuiri



Diskusikan dalam kelas, mengapa radikal bebas sangat reaktif? Hubungkan dengan konfigurasi elektronnya.

### 3) Pengakhiran Rantai

Radikal yang mempertahankan reaksi terus berlangsung suatu ketika dapat bergabung antarsesamanya dalam tahap pengakhiran rantai. Pengakhiran rantai dapat terjadi dalam tahap berikut.



Tahap akhir dapat terjadi dengan cara dinetralkan oleh dinding reaktor.

#### b. Kegunaan Kloroform ( $\text{CHCl}_3$ )

Kloroform merupakan senyawa karbon berwujud cair yang mudah menguap pada suhu kamar dan berbau khas. Kloroform tidak larut dalam air, tetapi larut dalam alkohol atau eter. Kloroform biasa digunakan untuk obat bius (anestetika) dan sebagai pelarut untuk lemak, lilin, dan minyak.

Namun demikian, efek samping dari kloroform dapat merusak hati sehingga jarang dipakai sebagai obat bius, kecuali untuk penelitian di laboratorium. Haloalkana yang sering dipakai sebagai obat bius adalah 2-bromo-2-kloro-1,1,1-trifluoroetana.

#### c. Kegunaan Iodoform ( $\text{CHI}_3$ ) dan Tetraklorokarbon ( $\text{CCl}_4$ )

Iodoform berwujud padat pada suhu kamar, berwarna kuning, dan mempunyai bau yang khas. Iodoform sering digunakan sebagai antiseptik.

Karbon tetraklorida merupakan zat cair yang tidak berwarna dengan massa jenis lebih besar dari air. Uap  $\text{CCl}_4$  tidak terbakar sehingga sering digunakan sebagai pemadam kebakaran. Selain itu, juga digunakan sebagai pelarut untuk lemak dan minyak.

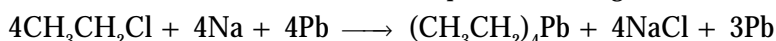
### Kegiatan Inkuiri



Diskusikan dalam kelas, mengapa  $\text{CCl}_4$  tidak dapat terbakar seperti halnya  $\text{CO}_2$ ? Hubungkan dengan biloks atom C yang tertinggi.

#### d. Kegunaan Kloroetana ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ ) dan Fluorokarbon ( $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ )

Kloroetana banyak digunakan untuk pembuatan tetraetil timbal yang ditambahkan ke dalam bensin untuk memperbaiki bilangan oktan.



Fluorokarbon merupakan senyawa karbon yang mudah menguap, tidak beracun, tidak mudah terbakar, dan tidak berbau, terutama senyawa freon-12 ( $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ). Freon-12 digunakan secara luas sebagai pendingin dan sebagai gas propelan dalam aerosol. Jenis fluorokarbon yang paling banyak dipakai adalah  $\text{CCl}_3\text{F}$  dan  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ .

### Tes Kompetensi Subbab B

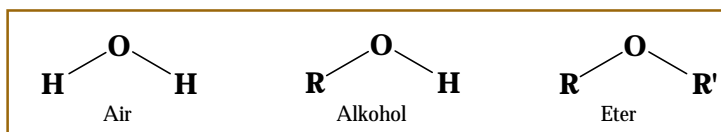
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

- Tuliskan rumus struktur dan tata nama dari semua senyawa yang memiliki rumus molekul  $\text{C}_4\text{H}_9\text{Br}_2$ .
- Tuliskan reaksi yang terjadi jika 1,2-dibromoetana direaksikan dengan kalium hidroksida berair dalam keadaan panas. Apakah nama senyawanya?
- Tuliskan reaksi hidrolisis dari 1-klorobutana. Apakah nama senyawanya?

## C. Alkohol dan Eter

Alkohol dan eter adalah *senyawa karbon yang mengandung atom oksigen berikatan tunggal*. Kedudukan atom oksigen di dalam alkohol dan eter serupa dengan kedudukan atom oksigen dalam molekul air.

Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa struktur alkohol sama dengan struktur air. Satu atom H pada air merupakan residu hidrokarbon (gugus alkil) pada alkohol. Struktur eter dikatakan sama dengan struktur air. Kedua atom H pada air merupakan gugus alkil pada eter.

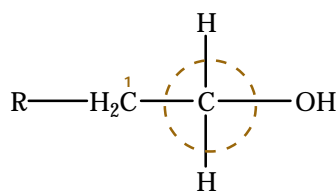


### 1 Alkohol (R-OH)

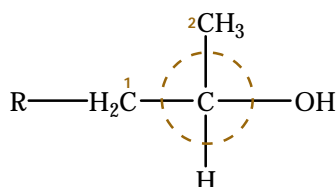
Berdasarkan posisi atom karbon yang mengikat gugus hidroksil dalam senyawa alkohol maka alkohol dikelompokkan ke dalam tiga golongan, yaitu sebagai berikut.



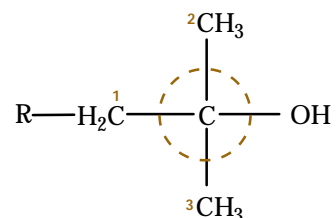
- a. **Alkohol primer (1°)** adalah suatu alkohol dengan gugus hidroksil (-OH) terikat pada atom karbon primer. Atom karbon primer adalah atom karbon yang mengikat satu atom karbon lain.



- b. **Alkohol sekunder (2°)** adalah alkohol dengan gugus hidroksil (-OH) terikat pada atom karbon sekunder. Atom karbon sekunder adalah atom karbon yang mengikat dua atom karbon lain.



- c. **Alkohol tersier (3°)** adalah alkohol dengan gugus hidroksil (-OH) terikat pada atom karbon tersier. Atom karbon tersier adalah atom karbon yang mengikat tiga atom karbon lain.



### Kata Kunci

- Alkohol primer
- Alkohol sekunder
- Alkohol tersier
- Gugus hidroksil

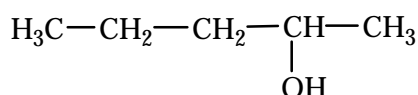
#### a. Tata Nama Alkohol

Ada dua cara penataan nama alkohol, yaitu cara trivial dan cara IUPAC. Pada cara trivial, alkohol disebut alkil alkohol sehingga dalam pemberian nama alkohol selalu diawali dengan nama alkil diikuti kata alkohol. Pada cara IUPAC, nama alkohol diturunkan dari nama alkana, dengan akhiran *-a* diganti oleh *-ol*. Contohnya:



Trivial: etil alkohol; IUPAC: etanol

Tata nama alkohol menurut IUPAC mirip dengan tata nama alkana. Perbedaannya terletak pada penentuan rantai induk yang terpanjang. Pada alkohol, rantai induk terpanjang harus mencakup gugus hidroksil dengan nomor urut untuk gugus hidroksil terkecil. Contoh:



2-pentanol *bukan* 4-pentanol

Beberapa contoh penataan nama alkohol menurut trivial dan IUPAC dapat dilihat pada **Tabel 6.3**.

**Tabel 6.3** Beberapa Penataan Nama Alkohol Menurut Trivial dan IUPAC

Rumus Struktur	Nama Trivial	Nama IUPAC
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	<i>n</i> -propil alkohol	1-propanol
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	Isopropil alkohol	2-propanol
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	<i>sek</i> -butil alkohol	2-butanol
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{OH} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \end{array}$	Isobutil alkohol	2-metil-1-propanol
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	<i>ter</i> -butil alkohol	2,2-dimetiletanol
$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{OH}$	Vinil alkohol	1-etenol
$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{OH}$	Alil alkohol	2-propen-1-ol



Sumber: [vancouverstider.com](http://vancouverstider.com)

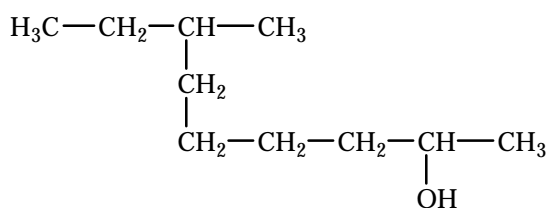
**Gambar 6.1**

Berbagai macam minuman yang mengandung alkohol. Jika diminum, akan memabukkan sebab bersifat racun yang dapat mengganggu sistem syaraf.

### Contoh 6.1

#### Tata Nama Alkohol

Tentukan nama dari senyawa alkohol berikut.



#### Jawab

Rantai induk adalah rantai terpanjang yang mengandung gugus hidroksil dengan nomor atom terkecil, yaitu ada 9 dengan gugus hidroksil pada posisi nomor 2. Pada atom C nomor 7 terdapat gugus metil. Jadi, nama lengkap senyawa itu adalah 7-metil-2-nonanol.

#### b. Isomer pada Alkohol

Berdasarkan posisi gugus hidroksil, hampir semua alkohol memiliki isomer, yang disebut isomer posisi. Isomeri ini memengaruhi sifat-sifat fisika alkohol.

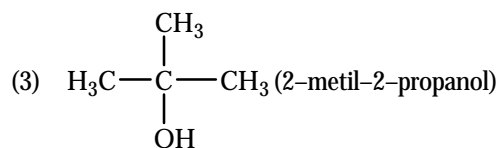
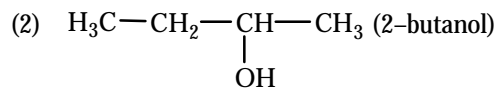
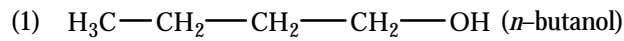
## Contoh 6.2

### Isomer Posisi pada Alkohol

Suatu alkohol memiliki rumus molekul  $C_4H_{10}O$ . Berapa jumlah isomer posisi yang ada dan gambarkan strukturnya.

#### Jawab

Tidak ada rumus yang tepat untuk menentukan jumlah isomer dalam senyawa karbon, melainkan harus digambarkan semua struktur yang mungkin terbentuk.



Berdasarkan struktur yang dapat digambarkan maka  $C_4H_{10}O$  memiliki 3 buah isomer posisi.

Ketiga senyawa pada **Contoh 6.2** memiliki rumus molekul sama, yaitu  $C_4H_{10}O$ , tetapi rumus struktur berbeda. Oleh karena rumus struktur berbeda maka ketiga alkohol tersebut berbeda sifat fisika maupun sifat kimianya.

## Kegiatan Inkuiri



Temukan perbedaan sifat fisika dan sifat kimia dari isomer  $C_4H_{10}O$ .



**Gambar 6.2**  
Kegunaan alkohol

### c. Sifat dan Kegunaan Alkohol

Alkohol merupakan zat yang memiliki titik didih relatif tinggi dibandingkan hidrokarbon yang jumlah atom karbonnya sama. Hal ini disebabkan adanya gaya antarmolekul dan adanya ikatan hidrogen antarmolekul alkohol akibat gugus hidroksil yang polar.

Alkohol yang memiliki atom karbon kurang dari lima larut dalam air. Kelarutan ini disebabkan oleh adanya kemiripan struktur antara alkohol ( $R-OH$ ) dan air ( $H-OH$ ). Oleh karena itu, makin panjang rantai karbon dalam alkohol kelarutan dalam air makin berkurang. Beberapa sifat fisika alkohol ditunjukkan pada tabel berikut.

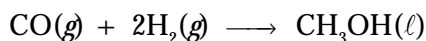
**Tabel 6.4** Sifat Fisika Alkohol (Titik Didih dan Kelarutan di Dalam Air)

Nama Senyawa	Jumlah C	Titik Didih (°C)	Kelarutan (g/100 mL air) pada 20°C
Metanol	1	64,5	larut sempurna
Etanol	2	78,3	larut sempurna
1-propanol	3	97,2	larut sempurna
2-propanol	3	82,3	larut sempurna
1-butanol	4	117,0	8,3
2-butanol	4	99,5	12,5
Isobutil alkohol	4	107,9	11,1
ter-butil alkohol	4	82,2	larut sempurna

Sumber: *Kimia Organik Dasar* (Sabirin, M), 1993

### 1) Metanol (CH<sub>3</sub>-OH)

Metanol dibuat secara besar-besaran melalui distilasi kayu keras menghasilkan sekitar 225 galon distilat yang mengandung 6% metanol. Saat ini, sekitar 95% metanol diproduksi melalui hidrogenasi CO dengan katalis (ZnO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan dipanaskan secara bertingkat dengan tekanan tinggi agar terjadi reaksi berikut.

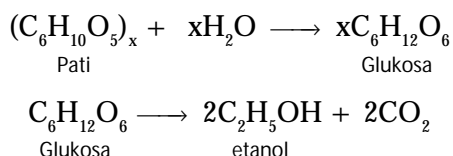


Di industri, metanol digunakan sebagai bahan baku pembuatan formaldehid, sebagai cairan antibeku, dan pelarut, seperti vernish. Pada kendaraan bermotor, metanol digunakan untuk bahan bakar mobil formula.

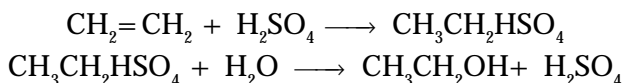
### 2) Etanol (CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-OH)

Etanol sudah dikenal dan digunakan sejak dulu, baik sebagai pelarut obat-obatan (tingtur); kosmetika; minuman, seperti bir, anggur, dan whiskey. Etanol dapat dibuat melalui teknik fermentasi, yaitu proses perubahan senyawa golongan polisakarida, seperti pati dihancurkan menjadi bentuk yang lebih sederhana dengan bantuan enzim (ragi).

Produksi alkohol dari pati (jagung, beras, dan gandum) pertama-tama melibatkan pengubahan pati secara enzimatik menjadi glukosa. Selanjutnya, diubah menjadi alkohol dengan bantuan *zymase*, yakni enzim yang diproduksi oleh jamur hidup.



Di industri etanol dibuat dengan dua cara, yaitu (1) fermentasi *black-strap molasses* dan (2) penambahan air terhadap etena secara tidak langsung, seperti persamaan reaksi berikut.



Isopropil alkohol adalah obat gosok yang umum digunakan. Adapun larutan 70% isopropil alkohol dalam air digunakan untuk sterilisasi karena dapat membunuh bakteri.

### Kegiatan Inkuiri



Alkohol merupakan senyawa yang mudah terbakar. Mungkinkah alkohol digunakan sebagai bahan bakar bioalkohol pengganti minyak bumi? Jika mungkin, kemukakan kelebihan dan kekurangannya sebagai bahan bakar.

### 3) Polialkohol

Senyawa alkohol yang mengandung dua atau lebih gugus hidroksil digolongkan sebagai poliol dan diberi nama dengan *-diol*, *-triol*, dan seterusnya. Glikol adalah nama trivial untuk 1,2-diol. Etilen glikol merupakan hasil industri yang digunakan sebagai zat antibeku, dan dibuat secara komersial dari etena. Rumus kimianya:

### Kata Kunci

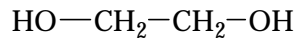
- Ikatan hidrogen
- Hidrogenasi



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

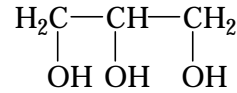
Gambar 6.3

Berbagai macam produk komersial yang mengandung alkohol. Radiator coolant mengandung etilen glikol.



IUPAC: 1,2-etanadiol; trivial: etilen glikol

Trihidroksi alkohol yang penting adalah gliserol, yaitu suatu turunan propana. Rumus kimianya:

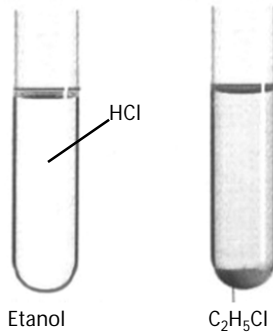


1,2,3-trihidroksiopropana atau gliserol

Gliserol sebagai hasil samping pada pembuatan sabun dari lemak dan natrium hidroksida cair.

#### d. Identifikasi dan Sintesis Alkohol

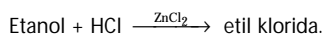
Suatu larutan  $\text{ZnCl}_2$  dalam HCl pekat dikenal sebagai *pereaksi Lucas*. Pereaksi ini digunakan untuk membedakan alkohol primer, sekunder, dan tersier. Pada suhu kamar, alkohol tersier bereaksi sangat cepat membentuk alkil klorida. Alkohol sekunder bereaksi dalam waktu beberapa menit. Alkohol primer bereaksi jika dipanaskan.



Sumber: Sougou Kagashi

Gambar 6.4

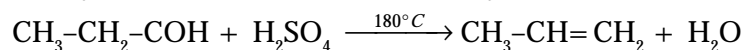
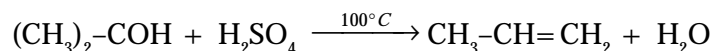
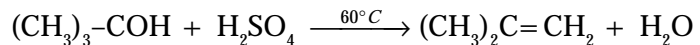
Substitusi gugus hidroksi (-OH) oleh atom klor (-Cl) membentuk haloalkana, etil klorida.



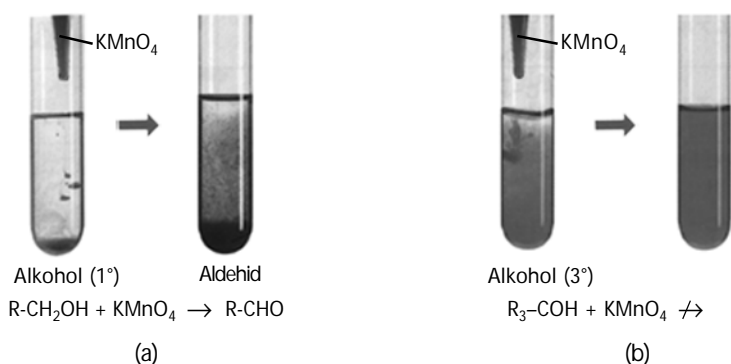
Selain pereaksi Lucas, *pereaksi tionil klorida* ( $\text{SOCl}_2$ ) dapat juga digunakan untuk identifikasi alkohol. Alkohol dan tionil klorida bereaksi membentuk alkil klorosulfit yang kurang stabil sebab mudah berubah menjadi alkil klorida dan gas  $\text{SO}_2$  dengan pemanasan.



Dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , alkohol dapat mengalami dehidrasi menjadi alkena. Dehidrasi artinya pelepasan molekul air. Alkohol tersier terdehidrasi lebih cepat, dan alkohol primer terdehidrasi paling lambat untuk jumlah atom karbon yang sama.



Alkohol dapat dioksidasi menjadi senyawa yang mengandung gugus karbonil, seperti aldehyd, keton, dan asam karboksilat. Alkohol primer dioksidasi membentuk aldehyd, dan jika dioksidasi lebih lanjut menjadi asam karboksilat.

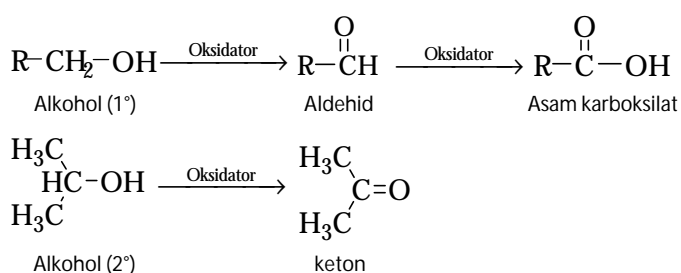


Sumber: Sougou Kagashi

Gambar 6.5

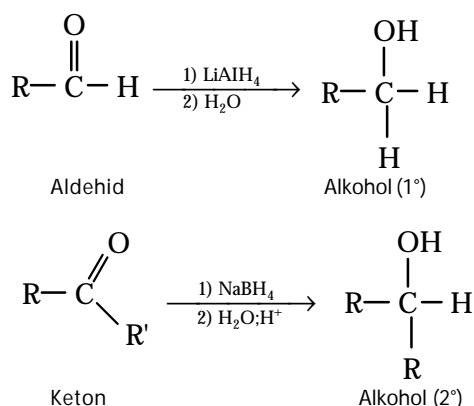
- (a) Oksidasi alkohol primer menjadi aldehyd.  
 (b) Alkohol tersier tidak dapat dioksidasi

Alkohol sekunder dioksidasi menjadi suatu keton, sedangkan alkohol tersier tidak dapat dioksidasi. Secara umum reaksi oksidasi alkohol dapat dituliskan sebagai berikut.



Oksidator yang dapat digunakan adalah asam kromat ( $H_2CrO_3$ ) dan kromat anhidrida ( $CrO_3$ ). Jika yang ingin diproduksi aldehyd maka gunakan oksidator khusus seperti campuran piridin dan kromat anhidrida dengan rasio 2:1 dalam pelarut nonpolar.

Oleh karena alkohol dapat dioksidasi menjadi senyawa karbonil maka alkohol dapat disintesis dari senyawa karbonil melalui reaksi reduksi (kebalikan oksidasi). Reduksi senyawa karbonil melalui hidrogenasi katalisis atau dengan hidrida logam akan menghasilkan alkohol primer, sedangkan keton akan menghasilkan alkohol sekunder. Alkohol tersier tidak dapat dibuat dengan cara ini.

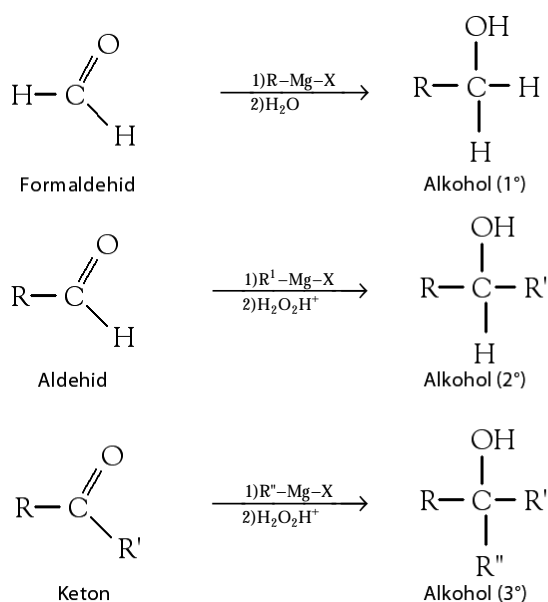


### Kata Kunci

- Pereaksi Lucas
- Pereaksi tionil klorida
- Pereaksi Grignard

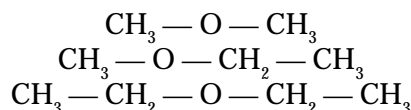
Selain dengan cara reduksi, alkohol disintesis dengan *pereaksi Grignard*, baik untuk alkohol primer, sekunder, maupun tersier. Kelebihan reaksi Grignard, selain dapat menghasilkan alkohol tersier juga dapat digunakan untuk memperpanjang rantai hidrokarbonnya.

Dengan pereaksi Grignard, alkohol primer dapat dibuat dari formaldehid dan etilen oksida, alkohol sekunder dibuat dari aldehyd dan metil format, dan alkohol tersier dibuat dari keton dan ester.



## 2. Eter (R-O-R')

Eter adalah senyawa yang memiliki dua residu hidrokarbon yang dapat sama atau berbeda, seperti ditunjukkan berikut ini.



Berdasarkan ketiga contoh tersebut maka dapat ditarik kesimpulan bahwa rumus umum eter adalah R-O-R'.

### a. Tata Nama Eter

Menurut trivial tata nama eter didasarkan pada nama gugus alkil atau aril yang terikat pada atom oksigen. Urutan namanya sesuai dengan abjad dan diakhiri dengan kata *-eter*.

Menurut sistem IUPAC, gugus -OR disebut gugus alkoksi sehingga penataan nama senyawa eter dimulai dengan nama gugus alkoksi diikuti oleh nama rantai utamanya. Gugus alkoksi dianggap sebagai cabang yang terikat pada rantai induk. Beberapa contoh penamaan eter dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 6.5** Penataan Nama Eter Menurut Trivial dan IUPAC

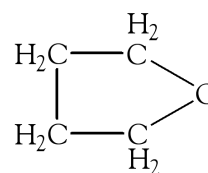
Rumus Struktur	Nama Trivial	Nama IUPAC
$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$	Dimetil eter	Metoksi metana
$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	Etil metil eter	Metoksi etana
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	Dietil eter	Etoksi etana
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\   \\ \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$	Isopentil etil eter	2-etoksi pentana
$\text{C}_6\text{H}_5 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	Fenil propil eter	Fenoksi propana

## Kata Kunci

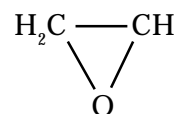
- Gugus alkoksi
- Interaksi antarmolekul

Senyawa eter dapat juga berbentuk siklik. Eter siklik yang beranggotakan tiga termasuk golongan epoksida, dan merupakan hasil oksidasi dari alkena. Contoh yang paling sederhana adalah, etilen oksida atau lebih dikenal dengan nama oksirana.

Oleh karena itu, nama senyawa epoksida sering diturunkan dari nama alkenanya sebelum dioksidasi menjadi eter, dan diberi akhiran *-oksida* atau dengan nama kedua alkil yang terikat pada oksirana dan diberi akhiran *-oksirana*.



Butilen oksida

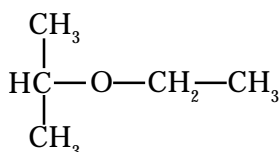


Etilen oksida (oksirana)

### Contoh 6.3

#### Tata Nama Eter

Sebutkan nama senyawa eter berikut.



#### Jawab

Gugus sebelah kiri adalah isopropil dan gugus kanan adalah etil. Jadi, penataan nama senyawa itu adalah

IUPAC : 2-etoksi isopropana

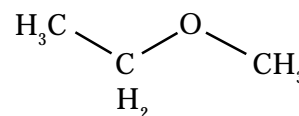
Trivial : isopropil etil eter

#### b. Isomeri Fungsional

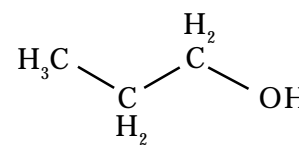
Seperti telah diuraikan di atas bahwa eter dan alkohol memiliki kemiripan dalam strukturnya. Rumus strukturnya adalah



Beberapa contoh alkohol dan eter yang memiliki rumus molekul sama ditunjukkan pada tabel berikut.



Etil metil eter



Propanol

**Tabel 6.6** Isomer Fungsional Eter dan Alkohol

Rumus molekul	Alkohol		Eter	
	Nama	Rumus struktur	Nama	Rumus struktur
$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	etanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	dimetil eter	$\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$
$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$	propanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	etil metil eter	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$
$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	butanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	dietil eter	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$

Berdasarkan **Tabel 6.6**, alkohol dan eter memiliki rumus molekul sama, tetapi rumus strukturnya berbeda. Jadi, dapat dikatakan bahwa alkohol dan eter berisomeri struktur satu sama lain.

Di samping isomer struktur, eter dan alkohol juga memiliki gugus fungsional berbeda. Oleh sebab itu, dapat dikatakan bahwa eter berisomeri fungsional dengan alkohol. Isomer fungsional adalah *rumus molekul sama, tetapi gugus fungsi beda*.



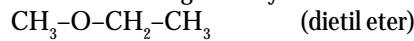
## Contoh 6.4

### Isomer Alkohol dan Eter

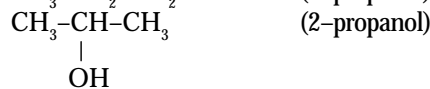
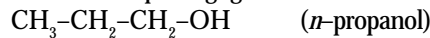
Tuliskan isomer yang mungkin dari senyawa dengan rumus molekul  $C_3H_8O$ .

#### Jawab

Berdasarkan fungsionalnya:



Berdasarkan posisi gugus hidroksil:



Jadi, ada tiga isomer yang mungkin.



Sumber: *Heineman Advanced Science: Chemistry, 2000*

**Gambar 6.6**

Sejak zaman dulu, eter digunakan sebagai zat pembius.

### c. Sifat dan Kegunaan Eter

Tidak seperti alkohol, eter tidak memiliki ikatan hidrogen antarmolekul sehingga titik didih eter di bawah titik didih alkohol untuk jumlah atom karbon yang sama, misalnya etanol dan dimetil eter.

Etanol berisomer dengan dimetil eter ( $C_2H_6O$ ), tetapi wujudnya berbeda. Pada suhu kamar, dimetil eter berwujud gas, sedangkan etanol berwujud cair.

Eter kurang larut di dalam pelarut air dibandingkan alkohol. Hal ini disebabkan eter memiliki kepolaran rendah. Walaupun sesama molekul eter tidak terjadi antaraksi, tetapi eter dapat berantaraksi dengan air dan alkohol. Makin tinggi rantai alkil dalam eter makin kurang kelarutannya di dalam air.

Eter tidak bereaksi dengan hampir semua oksidator maupun reduktor. Demikian juga dalam asam dan basa, eter cenderung stabil, kecuali pada suhu tinggi. Karena itu, eter sering digunakan sebagai pelarut untuk reaksi-reaksi organik.

**Tabel 6.7** Sifat Fisika Eter (Titik Didih dan Kelarutan)

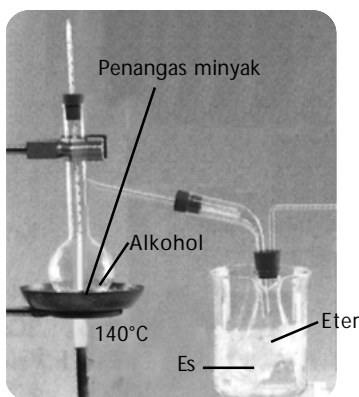
Nama	Titik Didih ( $^{\circ}C$ )	Kelarutan (g/100mL)
Dimetil eter	-24,0	Larut sempurna
Dietil eter	34,5	8,0
Oksirana	13,5	Larut sempurna

Sumber: *Kimia Organik Dasar* (Sabirin, M), 1993

Di samping kegunaannya sebagai anestetik, dietil eter secara luas dipakai sebagai pelarut untuk lemak, lilin, atau zat-zat lain yang kurang larut dalam air. Divinil eter ( $CH_2=CH-O-CH=CH_2$ ) memiliki kemampuan anestetik tujuh kali lebih besar daripada dietil eter.

Pada umumnya eter bersifat racun, tetapi jauh lebih aman jika dibandingkan kloroform untuk keperluan obat bius (**Gambar 6.6**). Penggunaan eter harus hati-hati karena mudah terbakar.

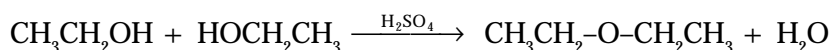
Umumnya eter dibuat dari dehidrasi alkohol. Dietil eter dapat dibuat melalui pemanasan etanol dengan asam sulfat pekat pada suhu sekitar  $140^{\circ}C$  hingga reaksi dehidrasi sempurna. Perhatikan **Gambar 6.7**.



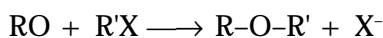
Sumber: Sougou Kagashi

Gambar 6.7

Pembuatan eter dari alkohol



Sintesis eter secara besar-besaran dengan *metode Williamson*, yaitu reaksi antara alkil halida dengan alkoksi atau fenoksi, persamaan reaksinya secara umum:



Keterangan:

R = Karbon primer; sekunder, dan tersier; atau aril.

R' = Karbon primer atau metil.

### Kata Kunci

- Metode Williamson
- Dehidrasi

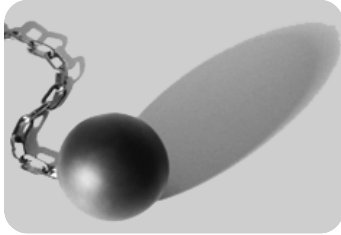
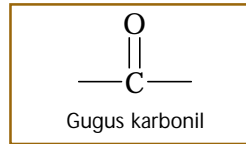
## Tes Kompetensi Subbab C

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Tuliskan rumus struktur dari senyawa alkohol berikut.
  - a. 2,2-dimetilpentanol
  - b. 4-heksen-2-ol
2. Tentukan nama dari senyawa alkohol berikut.
  - a.
 
$$\begin{array}{c} \text{OH} \\ | \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$$
  - b.
 
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{HO}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$$
3. Gambarkan struktur isomer posisi dari alkohol dengan rumus molekul  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ . Kemudian, tentukan nama masing-masing isomer itu dengan menggunakan aturan IUPAC dan trivial.
4. Jelaskan mengapa alat-alat kedokteran, terutama untuk operasi harus direndam dalam alkohol.
5. Air nira jika disimpan lama atau dipendam dalam tanah selama lebih dari satu minggu akan berubah menjadi suatu alkohol (arak). Jelaskan berdasarkan reaksi fermentasi gula.
6. Tuliskan rumus struktur dari senyawa eter berikut.
  - a. 2-metoksi butana
  - b. difenil eter
  - c. dietil oksirana
7. Tuliskan isomer yang mungkin dari senyawa yang memiliki rumus molekul  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ .
8. Mengapa oksirana lebih larut di dalam air daripada dimetil eter, padahal massa molekul relatif kedua senyawa itu tidak berbeda jauh?
9. Mengapa senyawa eter pada umumnya kurang larut di dalam air, tetapi larut dalam benzen?
10. Tuliskan suatu reaksi pembuatan etil metil eter dengan cara Williamson.

## D. Aldehid dan Keton

Beberapa senyawa yang memiliki gugus karbonil antara lain aldehid, keton, asam karboksilat, dan ester. Aldehid adalah salah satu kelompok senyawa karbonil yang memiliki gugus karbonil yang berikatan dengan atom hidrogen pada ujung rantai induknya.

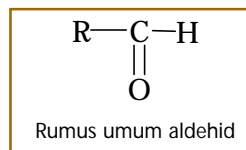


Gambar 6.8

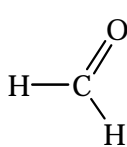
Gugus aldehid selalu di ujung rantai hidrokarbon.

### 1. Aldehid (R-COH)

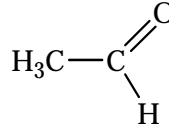
Aldehid merupakan salah satu kelompok senyawa karbon yang memiliki gugus karbonil. Gugus tersebut terletak di ujung rantai karbon induk yang diakhiri dengan atom hidrogen.



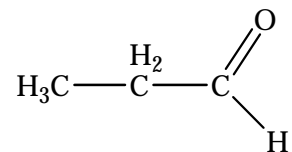
Beberapa senyawa aldehid yang umum di antaranya adalah



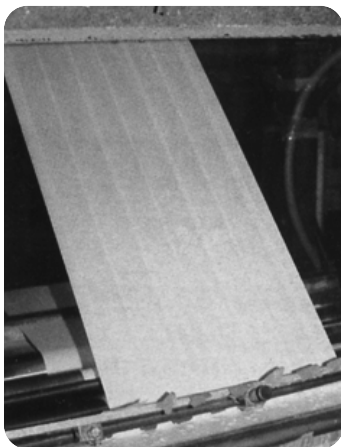
IUPAC: Metanal  
Trivial : Formaldehid



Etanal  
Asetaldehid



Propanal  
Propionaldehid



Sumber: Heinemann Advance Science: Chemistry, 2000

Gambar 6.9

#### Proses pelapisan kertas

Senyawa karbonil sering digunakan sebagai pelarut dalam bahan perekat. Ketika bahan perekat diaplikasikan, pelarut menguap meninggalkan bahan perekat.

Berdasarkan contoh tersebut, atom karbon pada gugus karbonil dihubungkan dengan satu atom hidrogen dan satu gugus alkil (R) atau aril (Ar), dengan rumus umum R-COH.

### Kegiatan Inkuiri

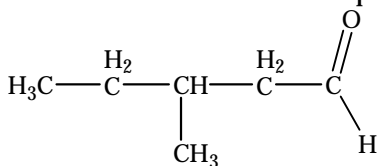


Carilah informasi tentang metode atau prosedur untuk mengidentifikasi adanya formalin dalam suatu material.

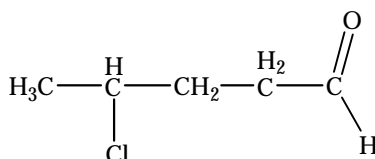
#### a. Tata Nama Aldehid

Aldehid sudah dikenal sejak lama sehingga penataan nama menggunakan nama trivial sering dipakai. Menurut sistem IUPAC, nama aldehid diturunkan dari nama alkana dengan mengganti akhiran *-a* menjadi *-al*. Oleh karena itu, aldehid disebut juga *alkanal*.

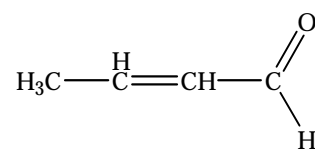
Tata nama pada aldehid sama dengan tata nama pada alkohol, rantai terpanjang harus mengandung gugus aldehid. Contoh:



3-metilpentanal



4-kloropentanal

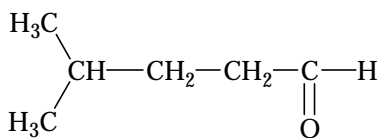


2-butenal

## Contoh 6.5

### Penataan Nama Aldehid

Tuliskan nama senyawa aldehid berikut menurut IUPAC dan trivial.



#### Jawab

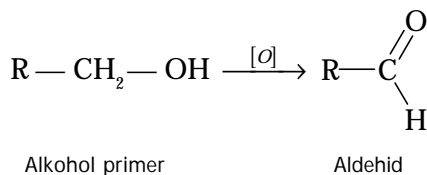
Residu alkil yang mengikat gugus aldehid adalah suatu isopentil. Jadi, penamaan menurut trivial dan IUPAC adalah

Trivial : isopentilaldehid

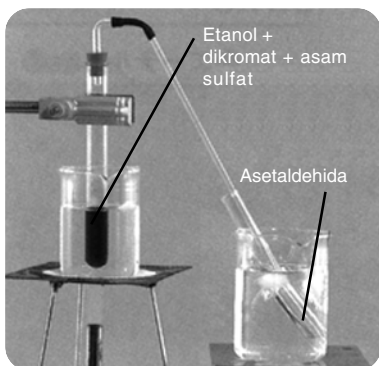
IUPAC: 4-metilpentanal

### b. Sifat dan Kegunaan Aldehid

Aldehid disintesis melalui oksidasi alkohol primer. Persamaan reaksi secara umum adalah sebagai berikut.



Oksidator yang digunakan adalah oksidator kuat seperti  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{NaIO}_4$ , atau  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Perhatikan **Gambar 6.10**.



Sumber: Sougou Kagashi

Selain dengan cara oksidasi alkohol primer, sintesis aldehid dapat juga dilakukan dengan *reaksi Friedel-craft* menggunakan aril halogen dan katalis  $\text{AlCl}_3$  atau  $\text{AlBr}_3$ . Disamping itu, dapat juga dilakukan dengan pereaksi Grignard ( $\text{R-Mg-X}$ ).

Gugus karbonil pada aldehid menunjukkan gugus yang bersifat polar. Hal ini disebabkan oleh atom oksigen dan karbon mempunyai perbedaan keelektronegatifan cukup besar. Kepolaran gugus karbonil ditunjukkan oleh sifat fisika aldehid, seperti titik didih lebih tinggi ( $50-80^\circ\text{C}$ ) dibandingkan senyawa hidrokarbon dengan masa molekul relatif sama.



## Sekilas Kimia

Leo Baekland  
(1863–1944)



Sumber: *Jendela IPTEK: Kimia*, 1997.

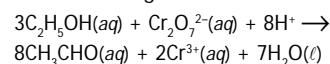
Baekland lahir di Belgia. Dia bermigrasi ke Amerika Serikat, kemudian dia mempelajari reaksi fenol dan *formaldehida*.

Dia membuat plastik pada tahun 1907 dengan mereaksikan fenol dengan formaldehida. Produknya dinamakan *bakelite*. Bahan ini tahan panas, tetapi kelemahannya adalah warnanya yang gelap.

Industri radio dan televisi memanfaatkan keuntungan bakelit yang mudah dibentuk, termasuk sifat-sifatnya yang dapat melindungi.

### Gambar 6.10

Oksidasi alkohol primer dengan dikromat menghasilkan aldehid.



## Kata Kunci

- Gugus karbonil
- Reaksi Friedel-craft



Sumber: Sougou Kagashi

**Gambar 6.11**

Formalin digunakan untuk pengawet organ biologis (*tidak* untuk makanan).

**Gambar 6.12**

Oksidasi metanol membentuk formaldehida.  
 $\text{CH}_3\text{OH} + \text{CuO} \rightarrow \text{HCOH} + \text{H}_2\text{O}$

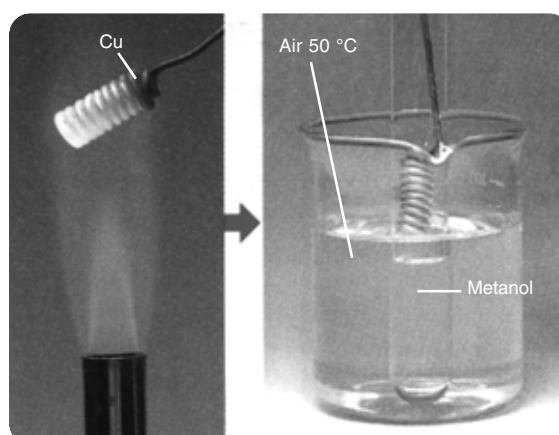
**Tabel 6.8** Sifat Fisika Senyawa Golongan Aldehid

Nama	Titik Didih (°C)	Kelarutan dalam Air (g/100mL)
Formaldehid	-21	Larut sempurna
Asetaldehid	20	Larut sempurna
Propionaldehid	49	16
Butiraldehid	76	7
Benzaldehid	178	Kurang larut
Isobutiraldehid	64	Tidak larut

Sumber: *Kimia Organik Dasar* (Sabirin, M), 1993

Aldehid dengan berat molekul rendah memiliki bau yang tajam. Misalnya, HCHO (metanal atau formaldehid) dan CH<sub>3</sub>CHO (etanal atau asetaldehid). Dengan meningkatnya massa molekul aldehid, baunya menjadi lebih harum. Beberapa aldehid dari hidrokarbon aromatis memiliki bau khas yang menyegarkan.

Formaldehid diperoleh melalui oksidasi metanol. Gas yang terbentuk jika dilarutkan ke dalam air sampai 37% dinamakan formalin, dijual sebagai pengawet spesies biologi. Kegunaan utama formaldehid untuk industri plastik dan resin.



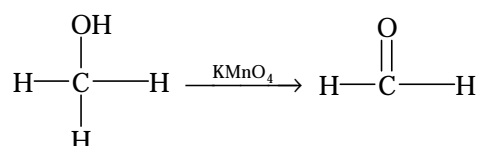
Sumber: Sougou Kagashi

## Contoh 6.6

### Pembuatan Aldehid

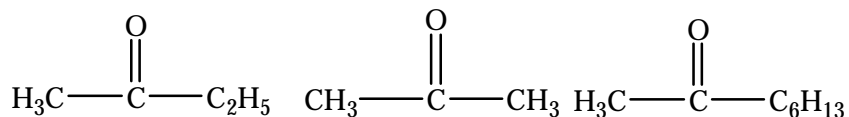
Tuliskan reaksi pembentukan formaldehid dari metanol menggunakan oksidator KMnO<sub>4</sub>.

**Jawab**

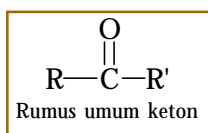


## 2. Keton (R-CO-R')

Keton tergolong senyawa karbonil karena memiliki gugus fungsional C=O, dan atom karbon pada gugus karbonil dihubungkan dengan dua residu alkil (R), dan atau aril (Ar). Beberapa rumus struktur keton di antaranya:

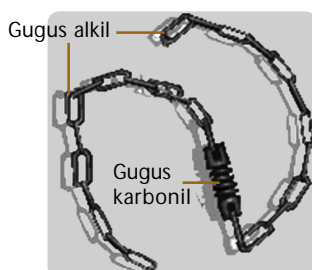


Berdasarkan rumus struktur tersebut dapat disimpulkan bahwa senyawa keton memiliki rumus umum sebagai: RCOR', dengan residu alkil (R) atau aril (Ar) dapat sama atau berbeda.



### a. Tata Nama Keton

Sebagaimana halnya aldehyd, pada senyawa keton dikenal juga nama IUPAC dan nama trivial. Penamaan dengan sistem IUPAC diturunkan dari nama alkana dengan mengganti akhiran *-a* dengan *-on*. Oleh karena itu, keton secara umum disebut golongan *alkanon*.



**Gambar 6.13**

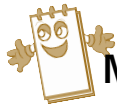
Posisi gugus karbonil pada keton selalu di antara rantai hidrokarbon.

Penomoran rantai karbon induk diberikan kepada atom karbon yang terdekat dengan gugus karbonil. Dengan kata lain, atom karbon pada gugus karbonil diambil nomor yang terendahnya.

Penamaan secara trivial, kedua gugus alkil atau aril yang terikat pada gugus karbonil disebutkan lebih dulu menurut alfabet, kemudian diikuti dengan kata *keton*. Contoh penamaan senyawa keton terdapat dalam **Tabel 6.9**.

**Tabel 6.9** Penataan Nama pada Keton Menurut Trivial dan IUPAC

Rumus struktur	Trivial	IUPAC
$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$	Dimetil keton	Propanon
$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\overset{\text{H}_2}{\text{C}}-\text{CH}_3$	Etil metil keton	2-butanon
$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{H}_2}{\text{C}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Dietil keton	3-pentanon
	Sikloheksanon	Sikloheksanon



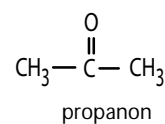
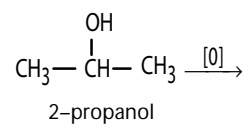
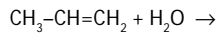
## Mahir Menjawab

Hasil reaksi adisi  $H_2O$  pada  $C_3H_6$ , apabila dioksidasi akan membentuk ....

- A. propanol
- B. propenol
- C. propanon
- D. asam propanoat
- E. *n*-propil alkohol

### Pembahasan

Reaksi adisi:



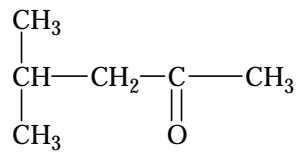
Jadi, hasil akhir adalah propanon. (C)

SPMB 2004

## Contoh 6.7

### Penamaan pada Keton

Berilah nama pada senyawa keton berikut menurut IUPAC dan trivial.



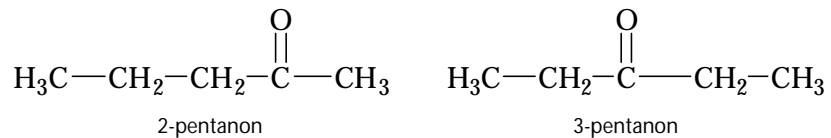
### Jawab

Menurut IUPAC, tentukan rantai induk terpanjang yang mengandung gugus karbonil dengan nomor paling rendah. Jadi, penataan nama menurut IUPAC dan trivial adalah IUPAC: 4-metil-2-pentanon.

Trivial: isobutil metil keton

### b. Isomer pada Keton

Isomer posisi yang terjadi pada keton disebabkan oleh adanya perubahan dalam kedudukan gugus karbonil dalam rantai, misalnya:

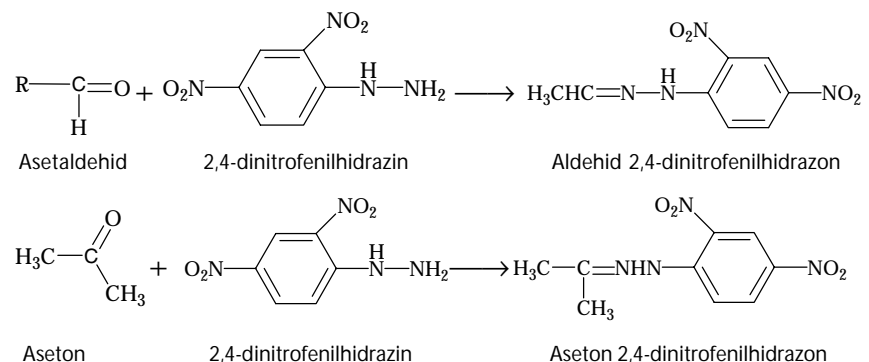


Selain isomer posisi dalam molekul itu sendiri, keton dapat juga berisomeri fungsional dengan aldehyd, misalnya propanal berisomeri fungsional dengan propanon.

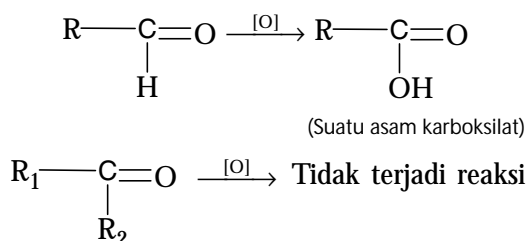


### c. Reaksi Identifikasi Aldehyd dan Keton

Untuk mengenal adanya gugus aldehyd dan keton dalam suatu senyawa dapat dilakukan dengan *pereaksi 2,4-dinitrofenilhidrazin*. Reaksi antara aldehyd atau keton dengan pereaksi 2,4-dinitrofenilhidrazin membentuk suatu endapan dari 2,4-dinitrofenilhidrazon. Persamaan reaksinya:



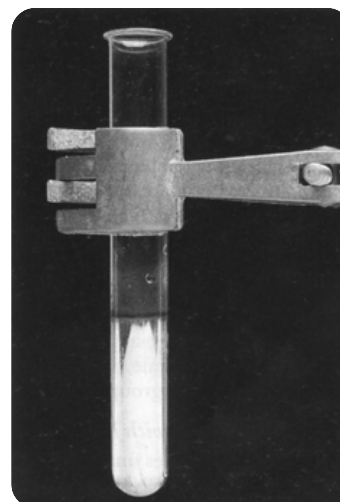
Untuk membedakan aldehyd dan keton dapat dilakukan dengan cara oksidasi. Aldehyd mudah dioksidasi menghasilkan asam karboksilat, sedangkan keton tahan terhadap oksidasi. Dengan oksidator kuat pada kondisi tertentu akan terjadi reaksi:



*Tes Tollen* (larutan AgNO<sub>3</sub> dalam amonia berlebih) merupakan metode yang digunakan untuk membedakan aldehyd dan keton di laboratorium. (**Gambar 6.14**) Prinsip dasarnya adalah kemudahan oksidasi kedua golongan senyawa ini. Perak(I) mudah direduksi menjadi logam perak oleh aldehyd, tetapi tidak oleh keton.

Untuk mengujinya, campurkan cuplikan dengan pereaksi Tollen pada tabung reaksi bersih. Jika senyawa adalah aldehyd maka setelah beberapa menit logam perak akan menempel pada bagian dalam tabung sebagai pelapis yang reflektif (reaksi yang digunakan untuk membuat cermin), sedangkan keton tidak terjadi reaksi.

Cara lain untuk membedakan aldehyd dan keton adalah dengan *pereaksi Fehling* (larutan Cu<sup>2+</sup> dalam Basa kuat seperti KOH). Aldehyd dapat mereduksi larutan Fehling membentuk endapan merah Cu<sub>2</sub>O, sedangkan keton tidak terjadi reaksi. Perhatikan **Gambar 6.15**.



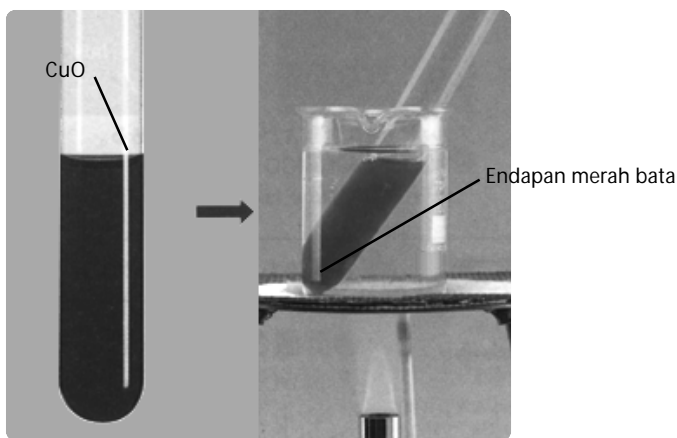
Sumber: Heinemann Advanced Science: Chemistry, 2000

**Gambar 6.14**

Tes Tollen digunakan untuk membedakan aldehyd dan keton. Jika terbentuk cermin, menunjukkan adanya aldehyd.

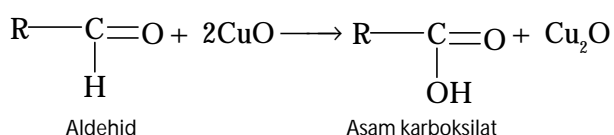
## Kata Kunci

- Tes Tollen
- Pereaksi Fehling



Aldehyd

Sumber: Sougou Kagashi



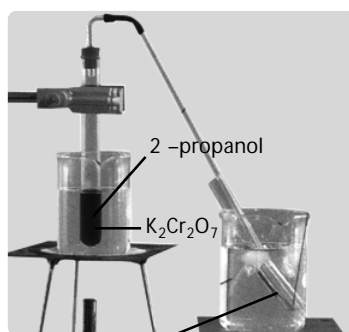
**Gambar 6.15**

Pereaksi Fehling akan memberikan endapan berwarna merah bata.



#### d. Sifat, Pembuatan, dan Kegunaan Keton

Pembuatan keton dapat dilakukan dengan cara oksidasi alkohol sekunder (seperti yang telah diterangkan pada bagian alkohol).

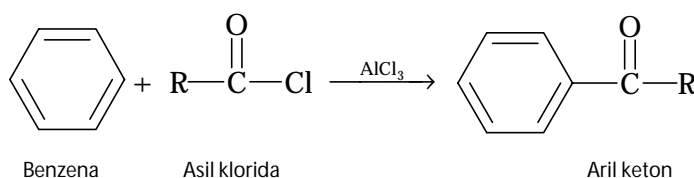


**Gambar 6.16**

Oksidasi alkohol sekunder dengan dikromat keton.  
 $3\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3(\text{aq}) + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 8\text{H}^+ \rightarrow 3\text{CH}_3\text{CO-CH}_3(\text{aq}) + 2\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Sumber: Sougou Kagashi

Selain dengan cara oksidasi, keton dapat dibuat melalui reaksi Friedel-Craft terutama untuk pembuatan aril keton dengan katalis aluminium halida. Persamaan kimianya:



Beberapa sifat senyawa keton yang umum adalah sebagai berikut.

- Keton dengan jumlah atom C rendah ( $\text{C}_1 - \text{C}_5$ ) berwujud cair pada suhu kamar.
- Oleh karena keton memiliki gugus karbonil yang polar maka senyawa keton larut dalam pelarut air maupun alkohol. Kelarutan senyawa keton berkurang dengan bertambahnya rantai alkil.
- Adanya kepolaran menimbulkan antaraksi antarmolekul keton sehingga senyawa keton umumnya memiliki titik didih relatif tinggi dibandingkan dengan senyawa nonpolar yang massa molekulnya relatif sama. Titik didih beberapa senyawa keton ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 6.10** Sifat Fisika Senyawa Keton

Nama	Rumus	Titik Beku (°C)	Titik Didih (°C)
Aseton	$\text{CH}_3\text{COCH}_3$	- 94	56
Metil etil keton	$\text{CH}_3\text{COC}_2\text{H}_5$	- 86	80
2-pentanon	$\text{CH}_3\text{COC}_3\text{H}_7$	- 76	102
3-pentanon	$\text{C}_2\text{H}_5\text{COC}_2\text{H}_5$	- 41	101
2-heksanon	$\text{CH}_3\text{COC}_4\text{H}_9$	- 35	150
3-heksanon	$\text{C}_2\text{H}_5\text{COC}_3\text{H}_7$		124

Sumber: Kimia Lengkap SPPM, 1985

Aseton merupakan senyawa keton paling sederhana. Aseton berwujud cair pada suhu kamar dengan bau yang harum. Cairan ini sering digunakan sebagai pelarut untuk vernish, pembersih cat kayu, dan pembersih cat kuku. Dalam industri, aseton digunakan sebagai bahan baku untuk membuat kloroform.

## Kegiatan Inkuiri



Aseton dapat melarutkan lemak. Mungkinkah kotoran berlemak yang menempel pada pakaian dapat dibersihkan oleh aseton? Diskusikan dan selidiki dengan teman kelompok Anda.

## Tes Kompetensi Subbab D

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

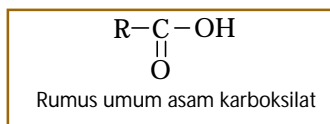
- Tuliskan rumus struktur untuk senyawa aldehyd berikut.
  - 2-bromo-3-pentanal
  - 3-fenilheksanal
  - 3,3-dietil-5-oktenal
- Tuliskan reaksi pembuatan formaldehid dari reduksi gas CO dengan gas H<sub>2</sub> menggunakan katalis Pt.
- Si Badrun menyimpan asetaldehyd di gelas kimia tidak ditutup. Ketika esok harinya akan digunakan praktikum, ditemukan semua asetaldehyd hilang. Si Badrun menduga dibuang oleh temannya. Apakah dugaan si Badrun cukup beralasan? Terangkan.
- Tuliskan rumus struktur dari senyawa keton berikut.
  - difenil keton
  - etil vinil keton
  - 4-metil-3-heksena-2-on
- Apakah senyawa dengan rumus molekul C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O memiliki isomer, baik posisi maupun fungsional? Jelaskan.
- Berapa jumlah isomer yang mungkin dapat dibentuk dari senyawa dengan rumus molekul C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O?
- Apakah pereaksi 2,4-dinitrofenilhidrazin dapat digunakan untuk membedakan aldehyd dan keton? Jelaskan.
- Selain cara pada nomor 7, metode apa lagi yang dapat digunakan untuk membedakan aldehyd dan keton?
- Gula pasir apabila direaksikan dengan larutan Fehling akan terbentuk endapan berwarna merah bata, mengapa?

## E. Asam Karboksilat dan Ester

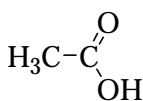
*Asam karboksilat mengandung gugus karbonil dan gugus hidroksil.* Walaupun gugus karboksilat merupakan gabungan gugus karbonil dan gugus hidroksil, tetapi sifat-sifat gugus tersebut tidak muncul dalam asam karboksilat karena menjadi satu kesatuan dengan ciri tersendiri. Ester adalah turunan dari asam karboksilat dengan mengganti gugus hidroksil oleh gugus alkoksi dari alkohol.

### 1. Asam Karboksilat (R-CO-OH)

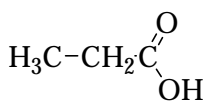
Asam karboksilat memiliki gugus fungsional karboksil (-COOH) dengan rumus umum:



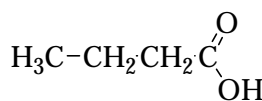
Beberapa contoh asam karboksilat adalah sebagai berikut.



Asam format



Asam asetat



Asam propionat



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

Gambar 6.17

Makanan yang mengandung asam karboksilat.

### a. Tata Nama Asam Karboksilat

Asam asetat merupakan senyawa pertama yang ditemukan dari golongan asam karboksilat. Oleh sebab itu, penataan nama asam karboksilat umumnya diambil dari bahasa Latin berdasarkan nama sumbernya di alam.

Asam format (*formica*, artinya semut) diperoleh melalui distilasi semut, asam asetat (*acetum*, artinya cuka) dari hasil distilasi cuka, asam butirat (*butyrum*, kelapa) ditemukan dalam santan kelapa, dan asam kaproat (*caper*, domba) diperoleh dari lemak domba.

Menurut sistem IUPAC, penataan nama asam karboksilat diturunkan dari nama alkana, di mana akhiran *-a* diganti *-oat* dan ditambah kata *asam* sehingga asam karboksilat digolongkan sebagai *alkanoat*. Beberapa nama asam karboksilat ditunjukkan pada **Tabel 6.11**.

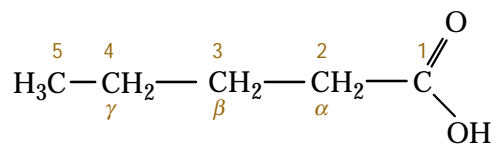
**Tabel 6.11** Penataan Nama Asam Karboksilat Menurut Trivial dan IUPAC

Rumus	Nama Trivial	Nama IUPAC
H-COOH	Asam format	Asam metanoat
CH <sub>3</sub> -COOH	Asat asetat	Asam etanoat
CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -COOH	Asam propionat	Asam propanoat
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -COOH	Asam butirat	Asam butanoat
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -COOH	Asam valerat	Asam pentanoat
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -COOH	Asam kaproat	Asam heksanoat
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -COOH	Asam enantat	Asam heptanoat
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> -COOH	Asam kaprilat	Asam oktanoat
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> -COOH	Asam pelargonat	Asam nonanoat
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> -COOH	Asam kaprat	Asam dekanat

### Kata Kunci

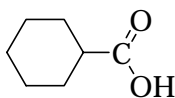
- Gugus karboksilat

Pemberian nomor atom karbon pada asam karboksilat menurut sistem IUPAC dimulai dari atom karbon gugus karbonil dengan angka 1,2,3, dan seterusnya. Adapun trivial menggunakan huruf Yunani, seperti  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  dan dimulai dari atom karbon nomor 2 dari sistem IUPAC. Contoh penataan nama asam karboksilat:

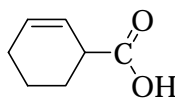


Asam pentanoat (asam valerat)

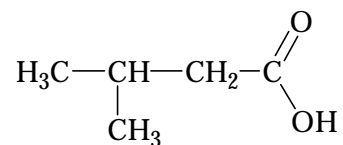
Untuk gugus karboksil yang terikat langsung pada gugus siklik, penataan nama dimulai dari nama senyawa siklik diakhiri dengan nama karboksilat, seperti ditunjukkan berikut ini.



Asam sikloheksana karboksilat



Asam-siklo-2-heksena karboksilat

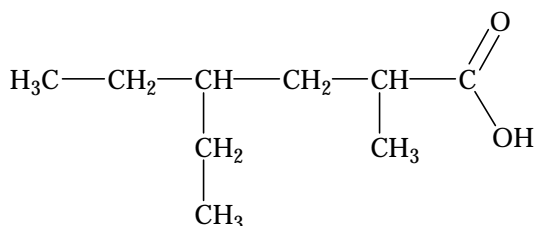


Asam-3-metilbutanoat ( $\beta$ -metilbutirat)

## Contoh 6.8

### Penamaan Asam Karboksilat

Tuliskan nama untuk asam karboksilat berikut.



### Jawab

Rantai induk mengandung enam atom karbon atau suatu heksanoat.

Pada atom nomor 2 terikat gugus metil, dan pada atom nomor 4 terikat gugus etil. Jadi, nama asam karboksilat tersebut adalah

IUPAC : asam 4-etil-2-metilheksanoat

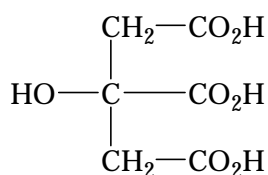
Trivial : asam  $\gamma$ -etil- $\alpha$ -metil-kaproat

Suatu asam karboksilat dapat memiliki dua gugus fungsi  $\text{CO}_2\text{H}$ , dikenal sebagai *dikarboksilat*. Beberapa asam dikarboksilat ditunjukkan pada **Tabel 6.12**. Senyawa-senyawa tersebut diisolasi dari bahan alam. Asam tartrat misalnya, adalah hasil samping fermentasi anggur; asam suksinat, asam fumarat, asam malat, dan oksaloasetat adalah zat antara dalam metabolisme karbohidrat di dalam sistem sel.

**Tabel 6.12** Penataan Nama Asam Dikarboksilat (Trivial dan IUPAC)

Rumus Struktur	Nama Trivial	Nama IUPAC
$\text{HOOC} - \text{COOH}$	Asam oksalat	Asam etanadioat
$\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$	Asam malonat	Asam propanadioat
$\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_2 - \text{COOH}$	Asam suksinat	Asam butanadioat
<i>cis</i> - $\text{HOOC} - \text{CH} = \text{CH} - \text{COOH}$	Asam maleat	Asam <i>cis</i> -butenadioat
<i>trans</i> - $\text{HOOC} - \text{CH} = \text{CH} - \text{COOH}$	Asam fumarat	Asam <i>trans</i> -butenadioat
$\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH}$	Asam adipat	Asam heksanadioat

Beberapa asam trikarboksilat juga dikenal dan berperan penting dalam metabolisme karbohidrat. Contoh senyawa kelompok ini adalah asam sitrat. Rumus strukturnya seperti berikut.



Asam sitrat

### b. Sifat dan Kegunaan Asam Karboksilat

Dua asam karboksilat paling sederhana adalah asam metanoat dan asam etanoat, masing-masing memiliki titik didih  $101^\circ\text{C}$  dan  $118^\circ\text{C}$ . Tingginya titik didih ini disebabkan oleh adanya tarik menarik antarmolekul asam membentuk suatu *dimer*.

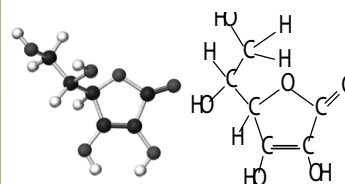
## Sekilas Kimia



### Vitamin C

Prioritas pengembangan kimia organik pada abad ke-20 hanya pada zat yang bersumber dari alam. Zat-zat tersebut dinamakan produk alami, yang pertama kali digunakan tanpa pengetahuan komposisi kimianya. Seperti vitamin C yang berasal dari buah lemon dan sitrus lainnya, baru diketahui struktur kimianya pada tahun 1933.

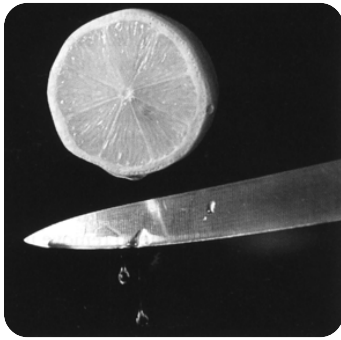
Struktur vitamin C adalah *senyawa organik asam karboksilat*, yaitu *asam askorbat*, dengan struktur molekul seperti berikut.



Pada saat struktur kimia vitamin C diketahui, Kimiawan Organik berusaha mensintesis senyawa tersebut. Pada tahun 1933, sintesis vitamin C dapat dilakukan secara lengkap. Sintesis vitamin C dari glukosa lebih murah daripada mengekstraknya dari sitrus atau sumber alami lainnya.

Di seluruh dunia, lebih dari 80 juta pon vitamin C disintesis setiap tahunnya. Perbedaan yang dihasilkan dari hasil sintesis dan dari bahan alami, seperti jeruk, terletak pada banyaknya zat lain selain vitamin C yang terkandung dalam jeruk. Namun pada dasarnya, keduanya sama.

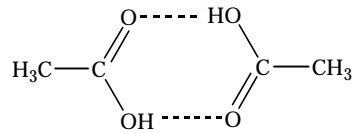
Sumber: *Chemistry* (McMurry, J and Fay, R), 2001



Sumber: Heinemann Advance Science: Chemistry, 2000

**Gambar 6.18**

Jeruk mengandung asam sitrat dapat digunakan untuk membersihkan karat pada besi.



Struktur dimer dari asam asetat

Ditinjau dari gugus fungsionalnya, asam karboksilat umumnya bersifat polar, tetapi kepolaran berkurang dengan bertambahnya rantai karbon. Makin panjang rantai atom karbon, makin berkurang kepolarannya, akibatnya kelarutan di dalam air juga berkurang.

Sebagaimana alkohol, empat deret pertama asam karboksilat (format, etanoat, propanoat, dan butanoat) dapat larut baik di dalam air. Asam pentanoat dan heksanoat sedikit larut, sedangkan asam karboksilat yang rantai karbonnya lebih panjang tidak larut.

Asam karboksilat juga dapat larut di dalam pelarut yang kurang polar, seperti eter, alkohol, dan benzena. Kelarutan di dalam pelarut kurang polar ini makin tinggi dengan bertambahnya rantai karbon. Oleh karena itu, lemak dapat larut di dalam benzena dan eter (lemak adalah ester dari asam karboksilat).

Akibat kepolaran dan struktur dimer dari molekul asam karboksilat menimbulkan titik didih dan titik beku lebih tinggi dibandingkan alkohol dengan massa molekul yang relatif sama. Titik beku dan titik didih dari asam karboksilat ditunjukkan pada **Tabel 6.13**.

**Tabel 6.13** Titik Beku dan Titik Didih Asam Karboksilat

Senyawa	Titik Beku (°C)	Titik Didih (°C)
Format	8	100,5
Asetat	16,6	118
Propionat	-22	141
Butirat	-6	164
Valerat	-34	187
Kaproat	-3	205
Laurat	44	225
Miristat	54	251
Palmitat	63	269
Stearat	70	287

Sumber: Kimia Organik Dasar (Sabirin, M), 1993

Senyawa utama asam karboksilat yang dibuat secara besar-besaran adalah asam metanoat, asam etanoat, dan asam propanoat (**Gambar 6.19**). Asam metanoat berwujud cair dan berbau tajam. Asam ini dapat mengakibatkan kulit melepuh, kayu menjadi lapuk, dan besi mudah berkarat. Asam metanoat digunakan untuk peracikan obat (aspirin), menggumpalkan getah karet (lateks), dan membasmi hama.

Asam metanoat atau asam asetat berbau menyengat. Dengan bertambahnya panjang rantai, bau asam karboksilat menjadi lebih tidak disukai. Contohnya, asam butirat ditemukan dalam keringat manusia yang berbau tidak sedap.

Asam asetat (cuka) berwujud cair dan berbau menyengat. Wujud asam asetat murni menyerupai es, disebut sebagai asam asetat glasial. Asam asetat digunakan untuk selulosa, bumbu dapur, penahan warna



**Gambar 6.19**

Kegunaan asam karboksilat

## Kata Kunci

- Dikarboksilat
- Trikarboksilat
- Dimer

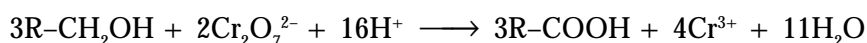
agar tidak mudah luntur, pembuatan cat, dan pelarut. Asam benzoat (asam karboksilat aromatik) digunakan sebagai bahan pengawet pada makanan, seperti kecap, saos tomat, dan minuman dari buah-buahan.

### c. Pembuatan Asam Karboksilat

Asam karboksilat dapat dibuat dengan cara oksidasi alkohol atau hidrolisis senyawa nitril.

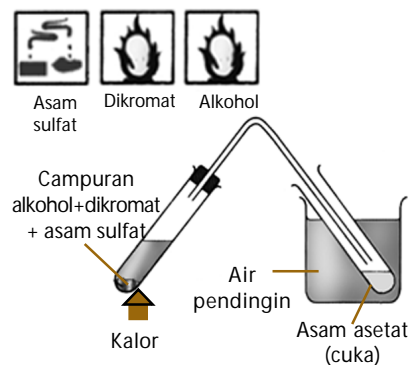
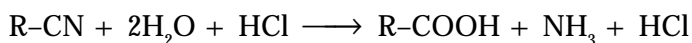
#### 1) Oksidasi Alkohol Primer

Asam karboksilat biasanya diperoleh melalui oksidasi alkohol primer dengan suatu oksidator yang kuat, seperti natrium dikromat dalam asam sulfat pekat. Persamaan kimianya:



#### 2) Hidrolisis Nitril (Sianida Organik)

Apabila alkil sianida (nitril) dididihkan dengan katalis asam atau basa akan terbentuk asam karboksilat. Pada reaksi ini terbentuk amonia. Persamaan kimianya:



Sumber: Sougou Kagashi

Gambar 6.20

Percobaan pembuatan cuka di laboratorium

## Contoh 6.9

### Kelarutan Asam Karboksilat di Dalam Air

Di antara isomer karboksilat berikut, mana yang memiliki kelarutan paling tinggi di dalam pelarut air dan di dalam benzena?

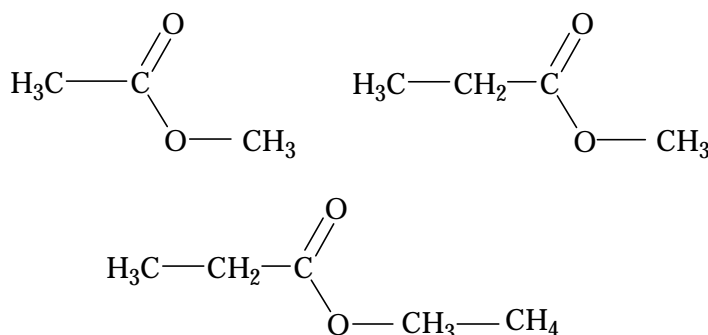
- asam pentanoat
- asam 2-metilbutanoat
- asam 3-metilbutanoat
- asam 2,2-dimetil propanoat

#### Jawab

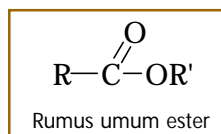
Makin banyak cabang pada rantai induk (asam 2,2-dimetil propanoat) makin kurang kepolaran. Oleh karena itu, kelarutannya di dalam air paling kecil, tetapi kelarutan di dalam benzena paling besar. Jadi, kelarutan paling tinggi di dalam air adalah asam pentanoat.

## 2. Ester (R-COOR')

Ester adalah *senyawa yang dapat dianggap turunan dari asam karboksilat dengan mengganti ion hidrogen pada gugus hidroksil oleh radikal hidrokarbon*. Beberapa contoh ester ditunjukkan berikut ini.



Berdasarkan contoh tersebut, dapat disimpulkan bahwa rumus umum ester adalah



Gugus -OH dari gugus karboksil diganti oleh gugus -OR'. Dalam ester, R dan R' dapat sama atau berbeda.

#### a. Tata Nama Ester

Penataan nama ester dimulai dengan menyebutkan gugus alkil diikuti gugus asam karboksilat yang menyusun ester dengan menghilangkan kata *-asam*. Contoh penataan nama ester ditunjukkan berikut ini.

Dari asam format (HCOOH):

**HCOO-CH<sub>3</sub>** Metil format  
**HCOO-CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>** Etil format  
**HCOO-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>** *n*-propil format

Dari asam asetat (CH<sub>3</sub>COOH):

**CH<sub>3</sub>COO-CH<sub>3</sub>** Metil asetat  
**CH<sub>3</sub>COO-CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>** Etil asetat  
**CH<sub>3</sub>COO-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>** *n*-propil asetat



#### Catatan Note

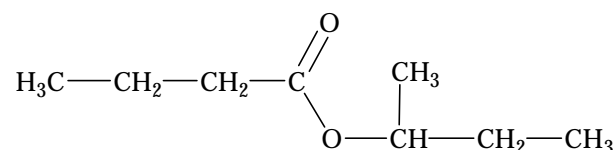
Gugus karboksilat ditunjukkan dengan huruf tebal (*bold*).

The carboxylic group is pointed by the bold letters.

### Contoh 6.10

#### Penamaan Ester

Tuliskan nama senyawa ester berikut.



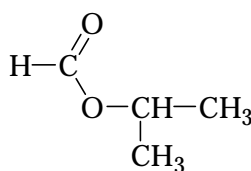
#### Jawab

Residu alkil adalah suatu isobutil, sedangkan gugus karboksilatnya adalah suatu butanoat atau butirat. Jadi, nama ester tersebut adalah isobutil butanoat atau isobutil butirat.

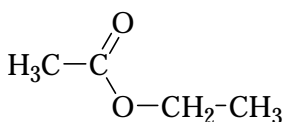
#### b. Isomer Ester

Ester memiliki isomer struktural dan isomer fungsional dengan asam karboksilat. Contoh isomer struktur dan isomer fungsional ester untuk rumus molekul C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub> adalah sebagai berikut.

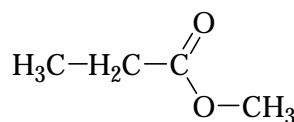
#### Isomer struktur:



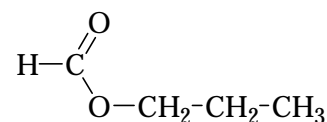
Isopropil format



Etil asetat

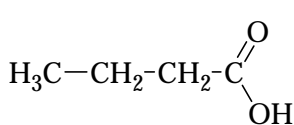


Metil propanoat

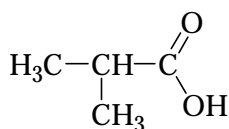


Propil format

### Isomer fungsional:



Asam butanoat

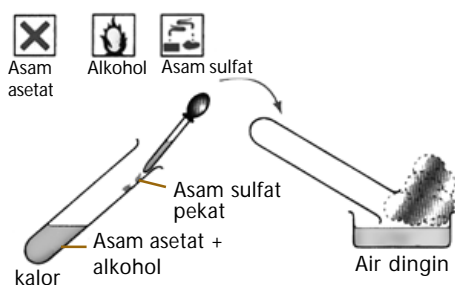


2-metilpropanoat ( $\alpha$ -metil propionat)

Keenam rumus struktur di atas memiliki rumus molekul sama, yaitu  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ , tetapi berbeda baik dari aspek struktur maupun fungsionalnya. Jadi, ester dan asam karboksilat berisomer fungsional satu dengan lainnya.

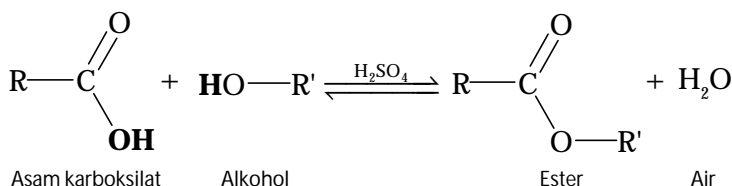
### c. Pembuatan Ester (Esterifikasi)

Berbagai metode pembuatan ester telah dikembangkan. Salah satu metode umum yang digunakan adalah reaksi alkohol dengan asam karboksilat. Pada reaksi ini, asam sulfat ditambahkan sebagai pendehidrasi (katalis).



Sumber: Sougou Kagashi

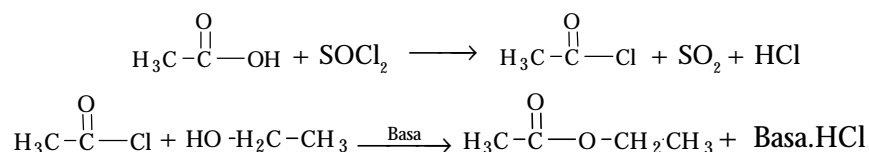
Reaksi keseluruhannya adalah



Pada sintesis ester, asam asetat melepaskan gugus  $-\text{OH}$  dan alkohol melepaskan gugus  $\text{H}$  yang dikeluarkan sebagai  $\text{H}_2\text{O}$ . Reaksi tersebut adalah reaksi kesetimbangan. Oleh karena itu, untuk memperoleh hasil yang banyak, dilakukan dengan salah satu pereaksi berlebih, atau dapat juga dilakukan mengeluarkan ester yang terbentuk agar kesetimbangan bergeser ke arah produk.

Untuk memproduksi ester dalam jumlah banyak, metode tersebut kurang efisien dan tidak praktis sebab tetapan kesetimbangan untuk reaksi ini relatif kecil ( $K_c = 3$ ). Oleh karena tetapan kesetimbangan kecil, produk yang dihasilkan pun sedikit.

Di industri, ester disintesis dalam dua tahap. Pertama, asam karboksilat diklorinasi menggunakan tionil klorida menjadi asil klorida. Selanjutnya, asil klorida direaksikan dengan alkohol menjadi ester. Persamaan reaksi yang terjadi adalah



Gambar 6.21  
Pembuatan ester di laboratorium



Basa menyerap HCl yang dihasilkan dari reaksi. Hal ini mendorong reaksi ke arah produk hingga sempurna.

## Kata Kunci

- Esterifikasi
- Reaksi kesetimbangan
- Reaksi penyabunan



Sumber: TopisheFruchte, 2000

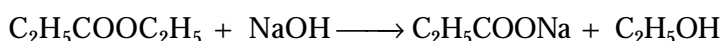
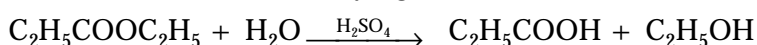
Gambar 6.22

Pisang mengandung ester etil asetat.

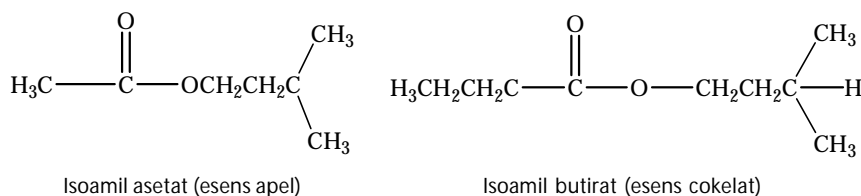
### d. Sifat dan Kegunaan Ester

Ester dapat dihidrolisis dengan menggunakan asam atau basa. *Hidrolisis ester disebut juga reaksi penyabunan*. Hidrolisis ester tiada lain adalah mengubah ester menjadi alkohol dan garam yang berasal dari turunannya.

Misalnya, hidrolisis etil asetat. Proses hidrolisis berlangsung sempurna jika dididihkan dengan pelarut basa, seperti NaOH. Reaksi penyabunan bukan merupakan reaksi kesetimbangan sebagaimana pada esterifikasi sebab pada akhir reaksi, ion alkoksida mengikat proton dari asam karboksilat dan terbentuk alkohol yang tidak membentuk kesetimbangan.



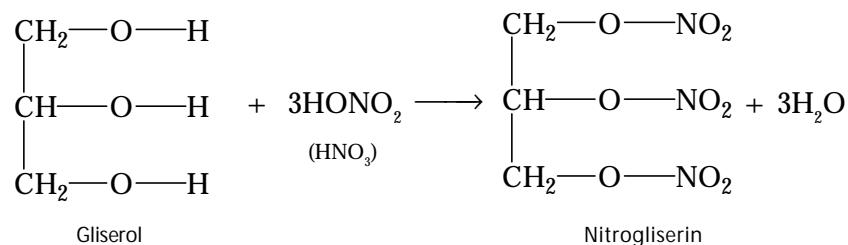
Ester asam karboksilat dengan massa molekul relatif rendah umumnya tidak berwarna, berwujud cair, mudah menguap, dan memiliki bau yang sedap. Ester-ester ini umumnya memiliki rasa buah. Ester-ester ini banyak ditemukan dalam buah-buahan atau bunga. Beberapa ester minyak dan makanan ditunjukkan berikut ini.



Gambar 6.23  
Kegunaan ester

Ester banyak digunakan sebagai esens buatan yang berbau buah-buahan (**Gambar 6.23**). Misalnya, etil asetat (rasa pisang), amil asetat (rasa nanas), oktil asetat (rasa jeruk orange), dan etil butirat (rasa stroberi).

Terdapat beberapa ester penting yang diturunkan dari asam anorganik. Misalnya, nitrogliserin, yakni suatu ester yang diperoleh melalui reaksi asam nitrat dengan gliserol dalam asam sulfat pekat.



Nitrogliserin merupakan cairan seperti minyak dan mudah meledak. Jika disisipkan ke dalam absorben tertentu, disebut *dinamit*.

## Tes Kompetensi Subbab E

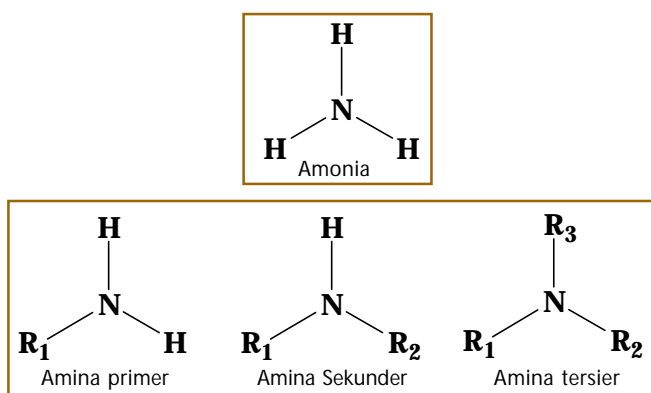
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

- Tuliskan rumus struktur dari asam karboksilat berikut.
  - asam- $\alpha$ -hidroksiasetat
  - asam- $\alpha$ -aminopropionat (alanin)
  - asam-2,6-diaminoheksanoat (lisin)
- Jika Anda makan mi bakso kadang-kadang ditambahkan cuka. Bagaimana pengaruhnya terhadap gigi yang mengandung kalsium sebagai bahan utamanya?

3. Tuliskan rumus struktur dari senyawa ester berikut.
- metil heksanoat
  - isobutil butirat
  - neobutil pentanoat
  - vinil asetat
  - isoamil butirat
  - etil valerat
  - etil salisilat
5. Pembuatan etil benzoat dari etanol dan asam benzoat dilakukan dalam alat refluks dengan katalis HCl kering.
- Tuliskan persamaan reaksi yang terjadi.
  - Mengapa HCl kering lebih baik daripada  $H_2SO_4$  pekat?

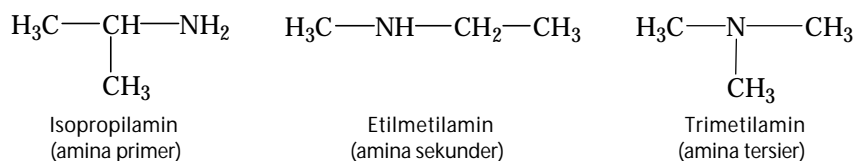
## F. Senyawa Karbon Mengandung Nitrogen

Alkohol dan eter dapat dianggap turunan dari  $H_2O$ , dengan satu atau kedua atom H diganti oleh gugus hidrokarbon. Golongan penting lainnya dari senyawa karbon yang serupa dengan itu adalah senyawa amina. Amina adalah turunan amonia yang satu atau lebih atom hidrogennya digantikan oleh gugus alkil.

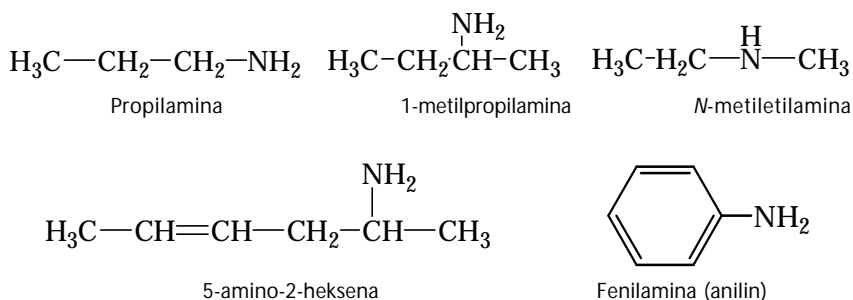


### 1. Senyawa Amina

Terdapat tiga jenis amina sesuai dengan jumlah atom H yang dapat digantikan oleh gugus alkil, yaitu amina primer ( $R-NH_2$ ), amina sekunder ( $R_2-NH$ ), dan amina tersier ( $R_3-N$ ). Tata nama trivial untuk ketiga senyawa tersebut diturunkan dari nama gugus alkilnya. Contoh:



Penataan nama secara sistematis (IUPAC), amina primer diturunkan dari alkana dengan menambahkan kata *-amino*. Nomor atom karbon terkecil diberikan kepada atom karbon yang mengikat gugus  $-NH_2$ . Contoh:



### Sekilas Kimia



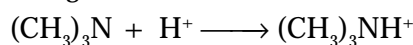
William Henry Perkin  
(1838–1907)



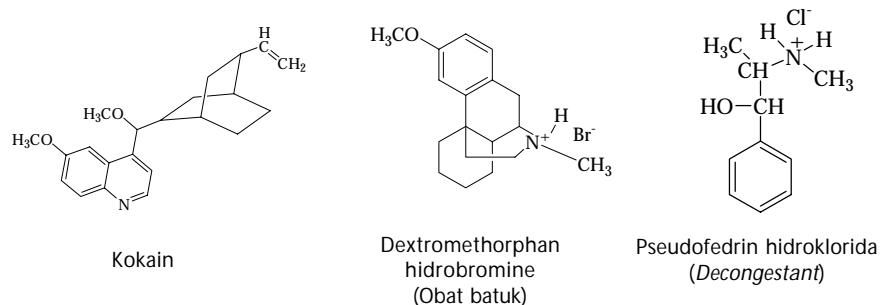
Sumber: ironorchid.com

Perkin membuat revolusi terhadap industri kimia dengan membuat warna buatan. Dia mencoba membuat obat kina dari *anilin*, senyawa yang bersumber dari ter batu bara, tetapi dia hanya memperoleh kotoran lengket berwarna hitam. Ketika zat tersebut dicuci dengan alkohol, dihasilkan larutan berwarna ungu gelap. Dari larutan ini menghasilkan kristal warna ungu muda. Warna ini digunakan dalam industri-industri tekstil dan dinamakan *mauve* (warna ungu muda).

Senyawa amina dianggap turunan dari amonia sehingga sifat-sifatnya ada kemiripan dengan amonia. Amina adalah basa lemah yang dapat mengikat proton ( $H^+$ ) membentuk garam amonium. Misalnya, trimetilamina bereaksi dengan asam membentuk kation trimetilamonium.



Garam dari trimetilamonium lebih larut dalam air daripada amina yang sederajat. Reaksinya dapat digunakan untuk melarutkan amina lain dalam larutan air. Garam amonium dari senyawa amina berperan penting dalam obat-obatan yang tergolong daftar G (*psikotropika*). Misalnya, kokain dipasarkan berupa garam hidroklorida berbentuk kristal padat berwarna putih. Obat batuk *dextromethorphan hidrobromine* dibuat dalam bentuk garam amonium bromida.



Pada panel *counter* farmasi biasanya disediakan sampel garam amonium dari amina yang digunakan untuk meyakinkan bahwa obat-obatan tersebut larut dalam air.

## 2. Sifat-Sifat Amina

Amina primer dengan berat molekul rendah berupa gas atau cairan yang mudah menguap. Pada umumnya mempunyai bau seperti amonia. Amina sekunder dan tersier berbau seperti ikan (amis), tetapi penguapannya lebih rendah daripada amina primer.

Fenilamina murni berupa minyak tak berwarna, tetapi akibat oksidasi fenilamina sering ditemukan berwarna kekuningan. Fenilamina sedikit larut di dalam air, sedangkan amina primer yang lebih rendah larut dalam air. Beberapa sifat fisika amina ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 6.14** Titik Didih dan Kelarutan dalam Air Senyawa Amina

Kata Kunci	
•	Senyawa amina
•	Amina primer
•	Amina sekunder
•	Amina tersier

Nama	Rumus Struktur	Titik Didih ( $^{\circ}C$ )	Kelarutan dalam Air (g/100mL)
Metilamin	$CH_3NH_2$	-6,3	$\infty$
Dimetilamin	$(CH_3)_2NH$	7,5	$\infty$
Trimetilamin	$(CH_3)_3N$	3,0	$\infty$
Etilamin	$CH_3CH_2NH_2$	17,0	$\infty$
Benzilamin	$C_6H_5CH_2NH_2$	185,0	$\infty$
Anilin	$C_6H_5NH_2$	184,0	3,7

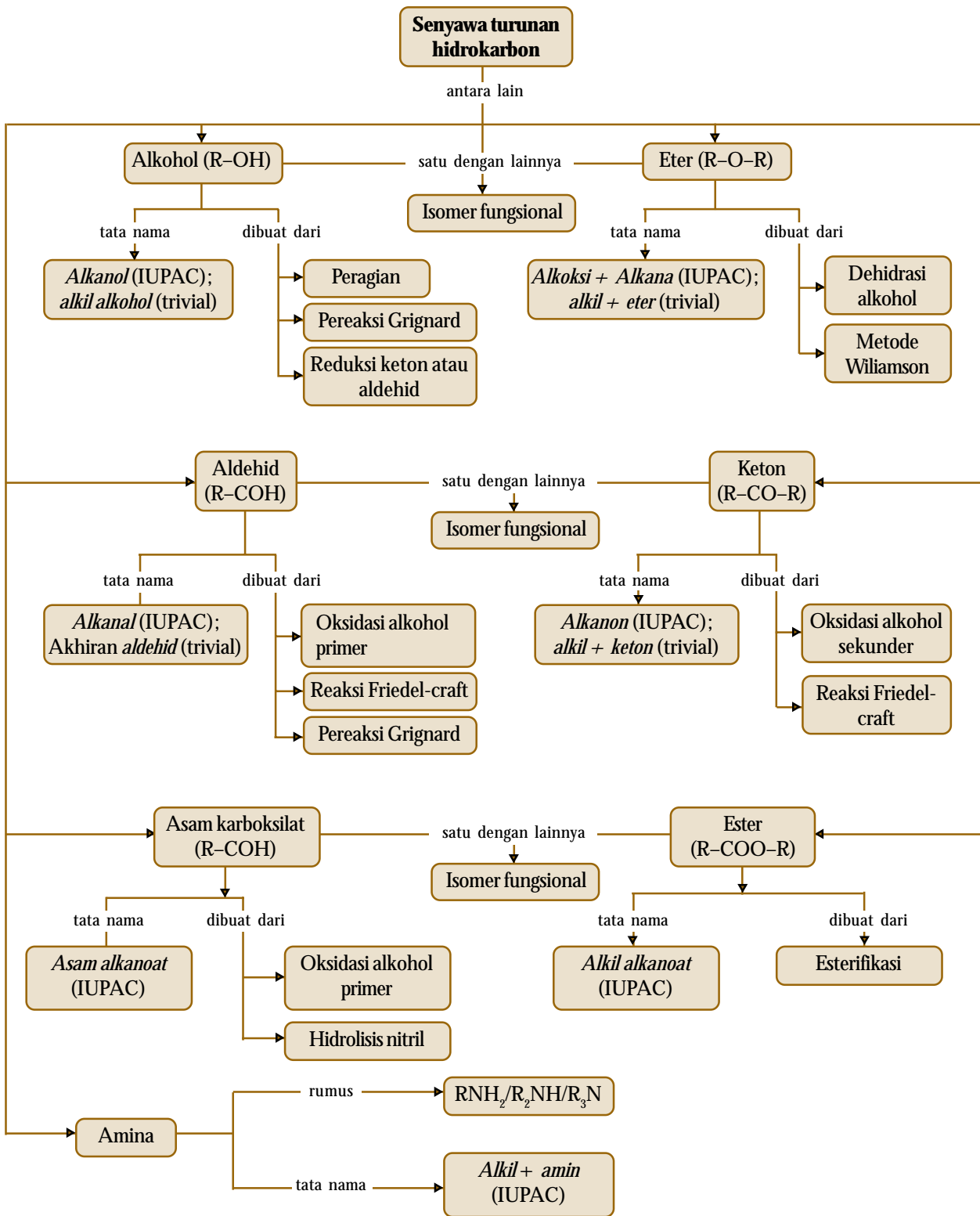
### Tes Kompetensi Subbab F

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Tuliskan rumus umum amina.
2. Tuliskan isomer struktur yang mungkin dari senyawa amina dengan rumus molekul  $C_4H_{11}N$ .
3. Tuliskan rumus struktur dari 2,4,6-trikloro-fenilamina.

## Rangkuman

1. Senyawa karbon yang memiliki gugus fungsi tertentu digolongkan senyawa turunan hidrokarbon. Gugus fungsi tersebut menentukan sifat-sifat fisika dan kimia turunan hidrokarbon yang dibentuknya.
2. Alkohol memiliki gugus fungsi hidroksil ( $-OH$ ) dengan rumus umum  $R-OH$ . Penataan nama alkohol secara trivial, yaitu nama alkohol diawali dengan nama alkil diikuti kata *alkohol*. Adapun penataan nama menurut IUPAC, nama alkohol diturunkan dari nama alkana, di mana akhiran  $-a$  diganti  $-ol$ .
3. Senyawa alkohol yang mengandung dua atau lebih gugus hidroksil digolongkan sebagai poliol dan dinamakan dengan  $-diol$ ,  $-triol$ , dan seterusnya. Alkohol dapat dibuat melalui peragian, pereaksi Grignard, dan reduksi keton atau aldehida.
4. Eter adalah senyawa yang mengandung dua gugus hidrokarbon terikat pada atom oksigen dengan rumus  $R-O-R$ . Penataan nama eter menurut trivial didasarkan pada nama gugus alkil yang terikat pada oksigen diakhiri kata *eter*. Menurut sistem IUPAC, gugus  $-OR$  disebut gugus alkoksi sehingga nama eter dimulai dengan nama gugus alkoksi diikuti nama rantai induk.
5. Alkohol dan eter berisomeri struktur satu sama lain. Eter dapat dibuat melalui dehidrasi alkohol dan dengan metode Williamson.
6. Aldehid dan keton memiliki gugus karbonil ( $C=O$ ). Dalam aldehid, gugus karbonil selalu terdapat di ujung rantai hidrokarbon. Adapun pada keton, selalu berada di antara rantai hidrokarbon. Nama aldehid lebih umum menggunakan nama trivial. Adapun penataan nama menurut IUPAC, yaitu aldehid diturunkan dari nama alkana dengan menggantikan akhiran  $-a$  menjadi *al*. Jadi, aldehid disebut juga alkanal. Aldehid dibuat melalui oksidasi alkohol primer, reaksi Friedel–craft, dan pereaksi Grignard.
7. Penataan nama keton secara trivial, yaitu kedua gugus alkil yang terikat pada gugus karbonil disebut lebih dulu, dan diikuti kata *keton*. Adapun penataan nama menurut IUPAC, yaitu diturunkan dari nama alkana dengan mengganti akhiran  $-a$  oleh  $-on$ . Keton disebut juga golongan alkanon. Keton dan aldehid berisomeri fungsional satu sama lain. Keton dapat diperoleh melalui oksidasi alkohol sekunder dan reaksi Friedel–craft.
8. Asam karboksilat mengandung gugus karboksil ( $-COOH$ ). Penamaan asam karboksilat umumnya menggunakan nama trivial yang didasarkan nama sumber ditemukannya. Adapun penataan nama menurut IUPAC, yaitu akhiran pada alkana diganti dengan  $-oat$ , dengan diawali kata *asam*. Asam karboksilat dapat dihasilkan melalui oksidasi alkohol primer dan hidrolisis nitril.
9. Ester adalah senyawa yang dapat dianggap sebagai turunan dari asam karboksilat dengan mengganti ion hidrogen oleh radikal hidrokarbon. Penamaan ester dimulai dengan menyebutkan gugus alkil diikuti dengan gugus karboksilat. Ester dan asam karboksilat berisomer fungsional. Ester dapat diproduksi melalui reaksi asam karboksilat dan alkohol dalam suasana asam yang disebut reaksi esterifikasi.
10. Amina dapat dianggap sebagai turunan amonia dengan satu atau lebih ikatan  $N-H$  diganti oleh ikatan  $N-C$ . Penataan nama secara sistematis (IUPAC), yaitu amina primer diturunkan dari alkana dengan menambahkan kata *amino*. Senyawa amina di alam terdapat sebagai alkaloid.



## Refleksi

Apakah Anda merasa kesulitan dalam memahami materi pada Bab 6 ini? Bagian manakah dari materi Bab 6 ini yang belum Anda kuasai? Jika Anda merasa kesulitan diskusikan dengan teman atau guru Anda.

Pada bab ini Anda telah memahami struktur, tata nama dan kereaktifan senyawa turunan hidrokarbon berdasarkan jenis-jenis gugus fungsinya. Senyawa turunan hidrokarbon yang dimaksud adalah haloalkana, alkohol, eter, aldehid, keton, asam karboksilat, ester, dan amina.

Anda juga tentu telah mengetahui bahwa di antara senyawa turunan hidrokarbon tersebut memiliki kesamaan isomer satu dengan yang lainnya. Seperti, alkohol berisomer fungsional dengan eter; aldehid dengan keton; dan asam karboksilat dengan ester.

Sifat khas dari struktur-struktur senyawa itu dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi, antara lain alkohol digunakan sebagai pelarut, kosmetik, minuman, dan

bahan bakar. Adapun eter biasanya digunakan sebagai zat anestesi, dan pelarut lemak. Aldehid (contohnya, formalin) digunakan sebagai pengawet biologi. Keton banyak digunakan sebagai pelarut organik, pembersih cat kayu, dan pembersih cat kuku. Dalam industri, aseton digunakan sebagai bahan baku untuk membuat kloroform. Adapun asam karboksilat dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pengawet, bumbu masak, minuman, dan pembasmi serangga. Ester banyak digunakan untuk esens, parfum, sabun, dan zat aditif. Senyawa amina umumnya digunakan untuk obat-obatan stimulan dan zat warna.

Setelah mengetahui beberapa aplikasi dari senyawa turunan hidrokarbon tersebut. Dapatkah Anda menyebutkan manfaat dan aplikasi lainnya dalam mempelajari Bab Senyawa Organik ini?

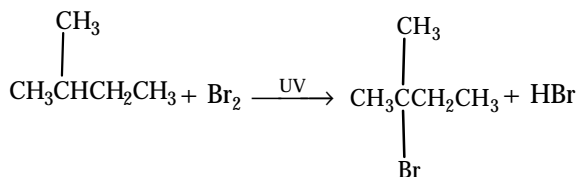
A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

- Gugus fungsi dalam suatu senyawa karbon dapat menentukan ....
  - jenis atom dalam molekul
  - sifat-sifat senyawa
  - jumlah atom dalam molekul
  - macam ikatan antaratom karbon
  - struktur molekul
- Jika propena direaksikan dengan brom dalam karbon tetraklorida, hasilnya adalah ....
  - 1-bromopropana
  - 1,2-dibromopropana
  - 2-bromopropana
  - 1,3-dibromopropana
  - siklopropana
- UMPTN 1995/B:**  
Jumlah isomer dikloro yang dapat dibangun jika *n*-butana diklorinasi adalah ....
 

A. 2	D. 6
B. 4	E. 7
C. 5	
- Ebtanas 2000:**  
Penggunaan CFC sebagai bahan pendingin segera akan ditinggalkan karena ....
  - bahan beracun
  - merusak lapisan ozon
  - tidak dapat diuraikan
  - penyebab pemanasan global
  - menimbulkan efek rumah kaca
- Di antara senyawa berikut yang tergolong alkohol primer adalah ....
  - n*-pentil alkohol
  - neopentil alkohol
  - isopentil alkohol
  - isobutil alkohol
  - isopropil alkohol

6. **Ebtanas 1998:**

Diketahui:



Nama senyawa hasil reaksi adalah ....

- 2-bromo-2-etilpropana
- 2-metil butil bromida
- 2-metil butana bromida
- 2-bromo-2-metil butana
- 3-bromo-3-metil butana

7. **Ebtanas 1999:**

Senyawa haloalkana berikut yang dapat digunakan sebagai pendingin adalah ....

- $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$
- $\text{CCl}_2\text{F}_2$
- $\text{CHCl}_3$
- $\text{CHI}_3$
- $\text{CCl}_4$

8. Senyawa haloalkana berikut yang biasa dipakai sebagai obat bius adalah ....

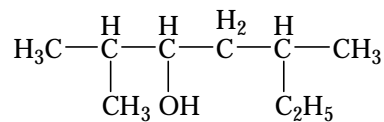
- 2-bromo-2-etilpentana
- 2-metil-3-etilheksana
- 2-metil butana bromida
- 2-bromo-2-kloro-1,1,1-trifluoroetana
- 3-bromo-3-metilbutana

9. **UMPTN 2000/B:**

Senyawa yang *bukan* merupakan alkohol sekunder adalah ....

- 2-pentanol
- 3-pentanol
- 2-metil-3-pentanol
- 3-metil-2-pentanol
- 3-metil-3-pentanol

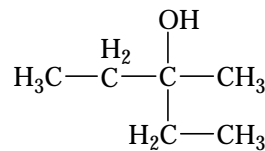
10. Tata nama yang tepat untuk senyawa alkohol dengan rumus struktur berikut adalah ....



- 2,5-dimetil-4-heksanol
- 5-etil-2-metil-3-heksanol
- 5-etil-2-metil-3heptanol
- 2,5-dimetil-3-heptanol
- 3,6-dimetil-5-heptanol

11. **Ebtanas 1997:**

Tata nama yang tepat dari struktur senyawa berikut adalah ....



- 3-metil-3-pentanol
- 3-etil-3-pentanol
- 2,2-dietil-2-butanol
- 2-etil-2-butanol
- 2,2-dietil-2-pentanol

12. **Ebtanas 1998:**  
Senyawa alkohol berikut yang *tidak* dapat dioksidasi oleh larutan  $\text{KMnO}_4$  atau  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dalam suasana asam adalah ....
- 3-pentanol
  - 3-metil-2-butanol
  - 2-metil-2-butanol
  - 3,3-dimetil-2-butanol
  - 4-metil-2-pentanol
13. Senyawa alkohol dengan rumus molekul  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$  mempunyai isomer sebanyak ....
- 2
  - 3
  - 4
  - 5
  - 6
14. **UMPTN 1995/C:**  
1-propanol berisomeri fungsional dengan ....
- 2-propanol
  - propanon
  - propanal
  - metil etil eter
  - asam propionat
15. Pernyataan yang *tidak* benar tentang senyawa etanol adalah bahwa senyawa ini ....
- dapat dihasilkan dari peragian glukosa
  - dapat didehidrasi menghasilkan etilen
  - dapat dioksidasi menghasilkan asam asetat
  - dapat dihasilkan dari reduksi etanal
  - merupakan isomer struktur dari dietil eter
16. Dari senyawa alkohol berikut akan menghasilkan  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCOCH}_3$  jika dioksidasi adalah ....
- 2-metil-1-propanol
  - 2,2-dimetil-1-propanol
  - 2,3-dimetil-2-butanol
  - 2-metil-2-butanol
  - 3-metil-2-butanol
17. Jika 1-butanol didehidrasi dengan asam sulfat pekat pada suhu  $250^\circ\text{C}$  akan terbentuk ....
- $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2$
  - $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_3$
18. **UMPTN 1999/A:**  
Senyawa dengan rumus molekul  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$  termasuk kelompok senyawa ....
- aldehid
  - ester
  - eter
  - alkanon
  - asam karboksilat
19. Perlakuan berikut yang *tidak* dapat dipakai untuk membedakan alkohol dan eter adalah ....
- kelarutan dalam air
  - reaksi esterifikasi
  - reaksi dengan logam natrium
  - reaksi dengan  $\text{PCl}_3$
  - penentuan rumus molekul
20. Alkohol dan eter memiliki rumus molekul sama, tetapi titik didih alkohol jauh lebih karena ....
- rumus struktur alkohol dan eter tidak sama
  - eter mengandung dua gugus alkil
  - massa jenis eter lebih kecil dari alkohol
  - pada alkohol terdapat ikatan hidrogen
  - kalar penguapan alkohol lebih tinggi
21. Tata nama yang tepat untuk rumus struktur berikut adalah ....
- $$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2 \\ | \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \quad \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_3 \\ | \quad \quad | \\ \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2 \end{array}$$
- pentil propil eter
  - fenoksi propana
  - propoksi heksana
  - etil dipropil eter
  - heksosi propana
22. Senyawa berikut yang *bukan* isomer dari  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$  adalah ....
- metil propil eter
  - isopropil metil eter
  - dimetil eter
  - 2-metil-2-propanol
  - 2-butanol
23. Gugus karbonil terdapat pada senyawa ....
- aseton
  - etanol
  - benzen
  - hidrokarbon
  - dietil eter
24. **Ebtanas 1998:**  
Dari hasil eksperimen diperoleh data berikut.
- larutan Fehling akan menghasilkan endapan merah bata
  - larutan Tollen menghasilkan cermin perak
  - larutan kalium dikromat akan menghasilkan asam karboksilat
- Senyawa karbon tersebut mengandung gugus fungsi ....
- keton
  - aldehid
  - alkohol
  - ester
  - eter

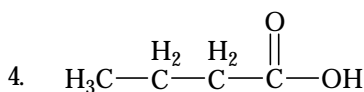
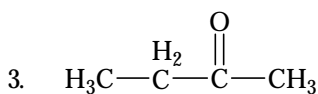
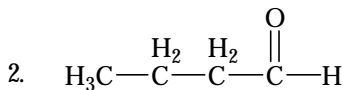
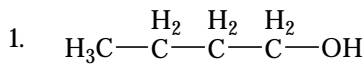


25. Zat berikut yang dapat membentuk cermin perak jika diuji dengan tes Tollen adalah ....

- A.  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$
- B.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$
- C.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$
- D.  $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$
- E.  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{OH}$

26. **Ebtanas 1996:**

Diketahui senyawa karbon:



Pasangan senyawa yang berisomer fungsional adalah ....

- A. 1 dan 3
- B. 2 dan 4
- C. 2 dan 3
- D. 1 dan 4
- E. 1 dan 2

27. Larutan metanal 37% dalam pelarut air dikenal dengan nama ....

- A. formalin
- B. spiritus
- C. cuka es
- D. aspirin
- E. etilmetanoat

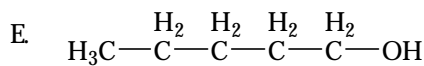
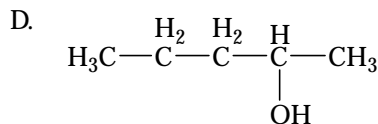
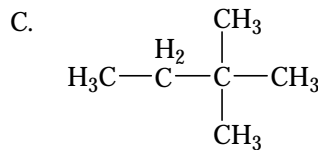
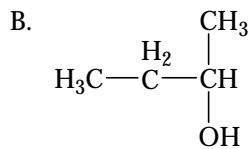
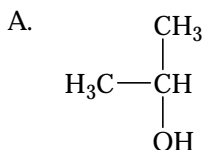
28. **Ebtanas 2000:**

Pernyataan yang benar tentang aseton adalah ....

- A. dapat bereaksi dengan larutan Fehling
- B. dapat teroksidasi menghasilkan asam propanoat
- C. merupakan hasil oksidasi alkohol primer
- D. merupakan hasil dari oksidasi alkohol sekunder
- E. mempunyai titik didih paling tinggi dalam deret homolognya

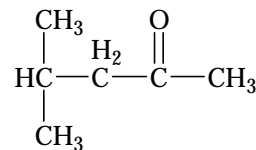
29. **Ebtanas 1999:**

Senyawa yang dapat membentuk aldehid jika dioksidasi adalah ....



30. **UMPTN 1997/A:**

Nama kimia untuk senyawa berikut adalah ....

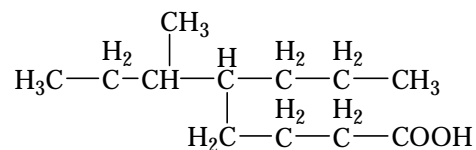


- A. 1,1-dimetil-3-butanon
- B. isopropil metil keton
- C. 2-metil-4-pentanon
- D. 4-metil-2-pentanon
- E. 4,4-dimetil-2-butanon

31. Senyawa berikut merupakan isomer dari asam pentanoat, *kecuali* ....

- A. dietil keton
- B. propil asetat
- C. asam 2-metil butanoat
- D. butil formiat
- E. etil propanoat

32. Nama senyawa berikut menurut IUPAC adalah ....



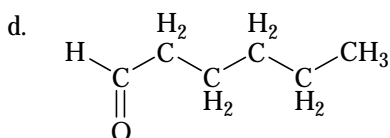
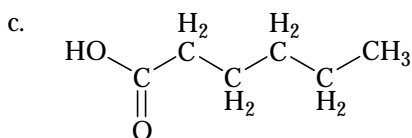
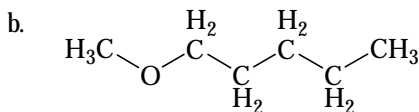
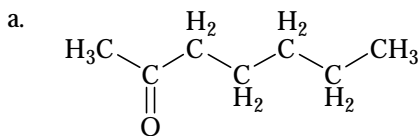
- A. asam 3-metil-4-metiloktanoat
- B. asam 4-propil-5-propiloktanoat
- C. asam 6-metil-5-propiloktanoat
- D. asam 3-metil-4-propiloktanoat
- E. asam 3-metildekanoat

33. Di antara senyawa berikut yang dapat dioksidasi dengan larutan  $\text{KMnO}_4$  dalam asam membentuk asam karboksilat adalah ....

- A.  $\text{HCO}_2\text{H}$   
 B.  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$   
 C.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}$   
 D.  $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$   
 E.  $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$
34. X, Y, Z adalah senyawa berbeda. Zat X bereaksi dengan natrium membentuk gas  $\text{H}_2$ . X dan Y bereaksi membentuk suatu ester. X dan Z juga dapat membentuk ester yang sama, tetapi kurang reaktif. Zat Y boleh jadi ....  
 A. propan-1-ol  
 B. propanon  
 C. propanal  
 D. asam propanoat  
 E. propanoil klorida
35. **UMPTN 1997/A:**  
 Hasil reaksi antara asam propanoat dan etanol adalah ....  
 A.  $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$   
 B.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOC}_2\text{H}_5$   
 C.  $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOC}_2\text{H}_5$   
 D.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOC}_3\text{H}_7$   
 E.  $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOCH}_3$
36. Senyawa karbon yang tergolong ester adalah ....  
 A. metil asetat  
 B. metil amina  
 C. 2-metil butanal  
 D. 3-metil butanoat  
 E. isopropil alkohol
37. **Ebtanas 2000:**  
 Reaksi amil alkohol dengan asam etanoat dengan katalis asam menghasilkan senyawa karbon dengan rumus struktur ....  
 A.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$   
 B.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$   
 C.  $\text{CH}_3\text{COO}(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$   
 D.  $\text{CH}_3\text{COO}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$   
 E.  $\text{CH}_3\text{CO}(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$
38. Pada pembuatan margarin, untuk hidrogenasi sempurna 1 mol trigliserida dari asam linoleat,  $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$  diperlukan gas  $\text{H}_2$  sebanyak ....  
 A. 2 mol  
 B. 3 mol  
 C. 4 mol  
 D. 5 mol  
 E. 6 mol
39. Reaksi  $\text{RCOOR} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{RCOONa} + \text{ROH}$  dinamakan reaksi ....  
 A. penyabunan  
 B. esterifikasi  
 C. pirolisis  
 D. penggaraman  
 E. hidrolisis
40. Antara pasangan senyawa berikut, yang merupakan isomer satu dan lainnya adalah ....  
 A. asam lemak dan ester  
 B. alkana dan alkena  
 C. eter dan ester  
 D. alkohol dan alkanal  
 E. amina dan amino
41. Cuka atau asam asetat dapat dibuat dari campuran zat ....  
 A. alkohol +  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$   
 B. alkohol +  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{formalin}$   
 C. asetaldehida +  $\text{CuSO}_4 + \text{NaOH}$   
 D. aseton +  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4$   
 E. eter +  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
42. Ester etil etanoat dapat dibuat dari campuran zat-zat ....  
 A. cuka + etanol +  $\text{CuSO}_4$   
 B. cuka + etanol +  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
 C. formalin + cuka +  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
 D. aseton + etanol + cuka  
 E. cuka + glukosa +  $\text{NaCl}$
43. Isoamilasetat adalah pencitarasa atau aroma (esens) untuk ....  
 A. duren  
 B. nanas  
 C. alpukat  
 D. apel  
 E. pisang
44. Senyawa amina dengan rumus molekul  $\text{C}_3\text{H}_9\text{N}$  memiliki isomer sebanyak ....  
 A. 2  
 B. 3  
 C. 4  
 D. 5  
 E. 6
45. **UMPTN 1995/B:**  
 Senyawa yang merupakan amina tersier adalah ....  
 A.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NHCH}_3$   
 B.  $(\text{CH}_3)_2\text{NCH}_3$   
 C.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$   
 D.  $\text{C}_3\text{H}_7\text{NH}_2$   
 E.  $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.**

1. Sebutkan gugus fungsi dan nama senyawa dari rumus struktur berikut.



2. Apakah produk utama yang dihasilkan jika HBr ditambahkan kepada metil propena? Jelaskan.

3. Pereaksi seperti HCl, HBr, HOH dapat ditambahkan kepada ikatan rangkap dua karbon-karbon. Gambarkan struktur molekul dari produk utama pada setiap reaksi berikut.

- $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{HCl}$
- $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{CH} + 2\text{HCl}$

4. Berdasarkan pernyataan berikut, simpulkan rumus struktur dari empat isomeri alkohol: A, B, C, D dengan rumus molekul  $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ .

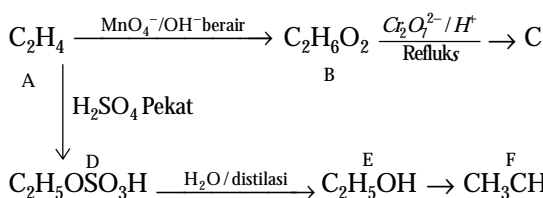
- A, B, dan C dapat dioksidasi secara mudah oleh larutan kalium dikromat dalam suasana asam, sedangkan D tidak dapat.
- A dan B pada oksidasi sempurna oleh dikromat menghasilkan asam dengan rumus  $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$ .
- A, B, C, D dapat didehidrasi untuk menghasilkan alkena. A dan D membentuk alkena yang sama, B dan C membentuk alkena yang sama.

5. Tuliskan rumus struktur untuk senyawa berikut.

- isopropil propanoat; *t*-butil alkohol
- asam 2,2-dimetilheksanoat; *cis*-3-heksena
- 3-etil-1-pentena; siklopentanon

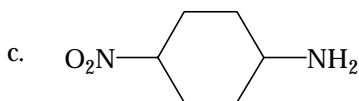
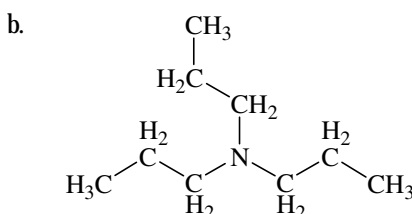
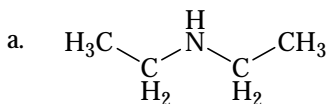
6. Sikloheksanol,  $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OH}$  dioksidasi oleh krom trioksida,  $\text{CrO}_3$ , dalam larutan asam menjadi sikloheksana,  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}$ . Krom trioksida direduksi menjadi  $\text{Cr}^{3+}$ . Tuliskan persamaan setara untuk reaksi tersebut.

7. Skema berikut menunjukkan beberapa jalur sintesis mulai dari etena.



- Berikan rumus struktur untuk senyawa B, C, dan D.
- Pereaksi-pereaksi dan kondisi apa yang dapat digunakan untuk mengubah E ke F?
- Tuliskan persamaan yang menunjukkan bagaimana C bereaksi dengan asam sulfat pekat.

8. Berikan nama amina berikut.



# Bab 7



Sumber: [news.harvard.edu](https://news.harvard.edu)

Aspirin atau asam-2-etanoiloksibenzena karboksilat adalah salah satu turunan benzena (senyawa aromatik).

## Senyawa Aromatik

### Hasil yang harus Anda capai:

memahami senyawa organik dan reaksinya, benzena dan turunannya, dan makromolekul.

### Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

mendeskripsikan struktur, cara penulisan, tata nama, sifat, dan kegunaan benzena dan turunannya.

Detergen, insektisida, bahan pengawet, zat warna, dan obat-obatan, merupakan contoh bahan yang mengandung benzena. Benzena disebut sebagai zat pemula. Benzena juga sangat berguna sebagai pelarut molekul organik karena bersifat nonpolar. Benzena diproduksi melalui pembentukan katalitik fraksi  $C_6-C_8$  minyak mentah.

Benzena dan turunannya tergolong senyawa karbon aromatik dengan ikatan rangkap dalam cincin memiliki sifat-sifat tertentu yang berbeda dengan sifat-sifat senyawa karbon ikatan rangkap atau senyawa karbon siklik. Mengapa benzena dan turunannya disebut senyawa aromatik? Istilah aromatik pada mulanya diterapkan terhadap senyawa yang berbau harum (rasa manis). Sekarang senyawa tersebut digolongkan sebagai senyawa benzena dan turunannya.

Apa saja senyawa turunan benzena itu? Bagaimanakah struktur, sifat, dan kegunaan benzena dan turunannya? Anda akan mengetahuinya setelah mempelajari bab ini.

- A. Struktur dan Kereaktifan Senyawa Benzena dan Turunannya
- B. Kegunaan Senyawa Benzena dan Turunannya
- C. Senyawa Polisiklik dan Heterosiklik

## Tes Kompetensi Awal

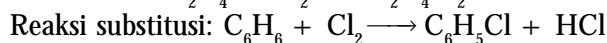
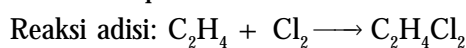
1. Apakah perbedaan senyawa hidrokarbon alifatik jenuh dengan hidrokarbon alifatik tak jenuh? Jelaskan pengaruhnya terhadap sifat fisik dan kimianya.
2. Menurut Anda apakah ikatan rangkap dalam senyawa karbon alifatik sama atau berbeda dengan ikatan rangkap dalam senyawa aromatik benzena? Jelaskan menurut pemahamanmu.

## A. Struktur dan Kereaktifan Senyawa Benzena dan Turunannya

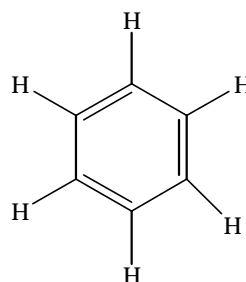
Senyawa benzena pertama kali disintesis oleh **Michael Faraday** pada tahun 1825, dari gas yang dipakai sebagai bahan bakar lampu penerang. Sepuluh tahun kemudian diketahui bahwa benzena memiliki rumus molekul  $C_6H_6$  sehingga disimpulkan bahwa benzena memiliki ikatan rangkap yang lebih banyak daripada alkena.

### 1. Struktur dan Sifat Benzena

Ikatan rangkap pada benzena berbeda dengan ikatan rangkap pada alkena. Ikatan rangkap pada alkena dapat mengalami reaksi adisi, sedangkan ikatan rangkap pada benzena tidak dapat diadisi, tetapi benzena dapat bereaksi secara substitusi. Contoh:



Menurut **Friedrich August Kekule**, keenam atom karbon pada benzena tersusun secara siklik membentuk segienam beraturan dengan sudut ikatan masing-masing  $120^\circ$ . Ikatan antaratom karbon adalah ikatan rangkap dua dan tunggal bergantian (terkonjugasi).



Analisis sinar-X terhadap struktur benzena menunjukkan bahwa panjang ikatan antaratom karbon dalam benzena sama, yaitu 0,139 nm. Adapun panjang ikatan rangkap dua  $C=C$  adalah 0,134 nm dan panjang ikatan tunggal  $C-C$  adalah 0,154 nm. Jadi, ikatan karbon-karbon pada molekul benzena berada di antara ikatan rangkap dua dan ikatan tunggal. Hal ini menggugurkan struktur dari Kekule.

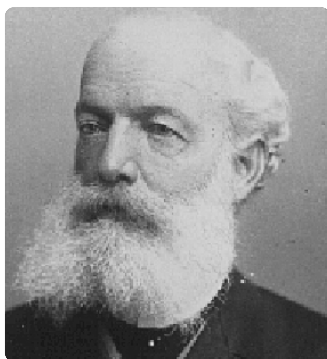
Berdasarkan hasil analisis sinar-X maka diusulkan bahwa ikatan rangkap pada molekul benzena tidak terlokalisasi pada karbon tertentu melainkan dapat berpindah-pindah (*terdelokalisasi*). Gejala ini dinamakan *resonansi*.

Untuk menggambarkan ikatan rangkap dua yang terdelokalisasi pada molekul benzena dinyatakan dengan bentuk lingkaran, seperti ditunjukkan berikut ini.



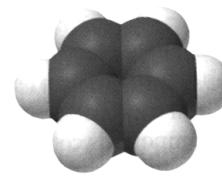
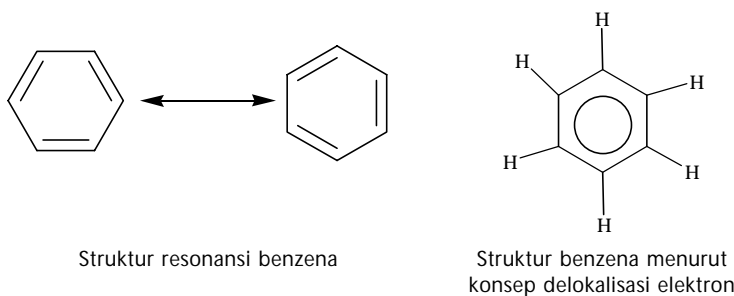
### Sekilas Kimia

Friedrich Kekule  
(1829–1896)



Sumber: wikipedia.org

Ilmuwan ini sudah sejak lama mencoba mengungkapkan bagaimana enam atom karbon molekul *benzena* berikatan dengan enam atom hidrogen. Dia menemukan pemecahannya ketika sedang tidur dan bermimpi tentang barisan atom-atom karbon dan hidrogen membentuk cincin, seperti seekor ular yang menelan ekornya sendiri.



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

Gambar 7.1

Molekul benzena

Teori resonansi dapat menerangkan mengapa benzena sukar mengalami reaksi adisi. Sebab, ikatan rangkap dua karbon-karbon dalam benzena terdelokalisasi dan membentuk cincin yang kuat terhadap reaksi kimia sehingga tidak mudah diganggu.

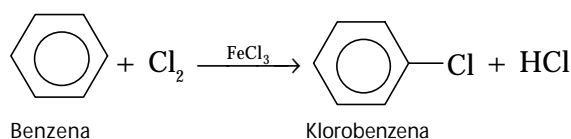
Pada suhu kamar, benzena berwujud cair dengan bau yang khas, tidak berwarna, bersifat racun, dan mudah terbakar (**Gambar 7.2**). Titik didih benzena 80°C dan titik bekunya 5,5°C. Lihat tabel berikut.

Tabel 7.1 Titik Beku dan Titik Didih dari Molekul Benzena

Nama	Titik Beku (°C)	Titik Didih (°C)
Benzena	5,5	80
Naftalena	81	218
Antrasena	216	342
Metilbenzena	-95	111
Stirena	-31	145
<i>o</i> -dimetilbenzena	-25	144
<i>m</i> -dimetilbenzena	-48	139
<i>p</i> -dimetilbenzena	13	138

Sumber: Kimia Lengkap SPPM, 1985

Benzena paling banyak digunakan sebagai pelarut senyawa karbon yang bersifat nonpolar dan sebagai bahan baku untuk pembuatan senyawa turunan benzena. Semua senyawa karbon yang mengandung cincin benzena digolongkan sebagai turunan benzena. Reaksi umum benzena adalah reaksi substitusi, yaitu penggantian atom H oleh gugus lain tanpa mengganggu cincin karbonnya. Contoh:



**Kata Kunci**

- Reaksi adisi
- Ikatan rangkap konjugasi
- Terlokalisasi
- Terdekokalisasi
- Resonansi
- Reaksi substitusi



Sumber: Sougou Kagashi

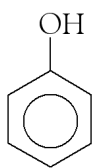
Gambar 7.2

Benzena merupakan cairan tidak berwarna dan mudah terbakar.

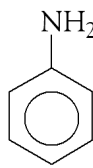
## 2. Tata Nama Senyawa Benzena

Semua senyawa yang mengandung cincin benzena digolongkan sebagai senyawa turunan benzena. Penataan nama senyawa turunan benzena sama seperti pada senyawa alifatik, ada tata nama umum (trivial) dan tata nama menurut IUPAC yang didasarkan pada sistem penomoran. Dengan tata nama IUPAC, atom karbon dalam cincin yang mengikat substituen diberi nomor terkecil.

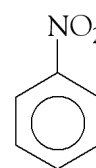
Menurut IUPAC, benzena dengan satu substituen diberi nama seperti pada senyawa alifatik, sebagai gugus induknya adalah benzena. Contoh:



Hidroksibenzena

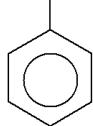
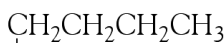


Aminobenzena

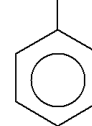
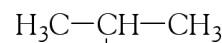


Nitrobenzena

Benzena dengan gugus alkil sebagai substituen, diklasifikasikan sebagai golongan *arena*. Penataan nama arena dibagi ke dalam dua golongan berdasarkan panjang rantai alkil. Jika gugus alkil berukuran kecil (atom C < 6) maka gugus alkil diambil sebagai substituen dan benzena sebagai induknya. Contoh:



Butilbenzena

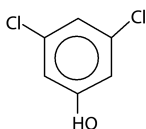


Isopropilbenzena



### Mahir Menjawab

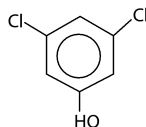
Nama dari senyawa turunan benzena dengan rumus struktur berikut ini adalah ....



- A. 3,5-diklorofenol
- B. 1,3-diklorofenol
- C. 3,5-diklorotoluena
- D. 1,3-diklorobenzena
- E. 3,5-diklorobenzoat

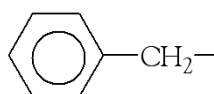
#### Pembahasan

Jika substituenya berbeda jenis maka penomorannya dimulai dari atom C lingkaran yang mengikat gugus paling negatif. Jadi,

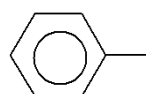


mempunyai nama 3,5 diklorofenol. (A)

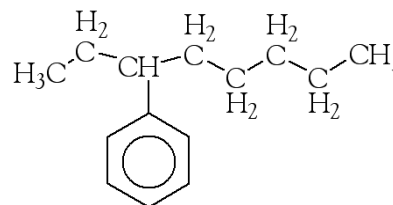
(UNAS 2001–2002)



Gugus benzil

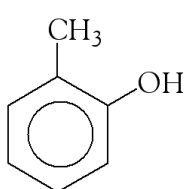


Gugus fenil

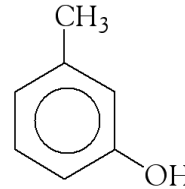


3-feniloktana

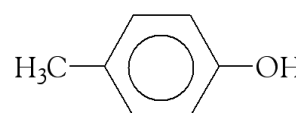
Benzena dengan dua gugus substituen diberi nama dengan awalan: *orto-* (*o-*), *meta-* (*m-*), dan *para-* (*p-*). *Orto-* diterapkan terhadap substituen berdampingan (posisi 1 dan 2), *meta-* untuk posisi 1 dan 3, dan *para-* untuk substituen dengan posisi 1 dan 4.



*o*-hidroksimetilbenzena



*m*-hidroksimetilbenzena

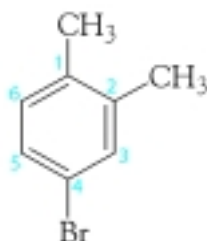


*p*-hidroksimetilbenzena

**Tabel 7.2** Beberapa Sifat Fisika dari Molekul *o*, *m*, *p*-hidroksimetilbenzena

Nama	Titik Beku (°C)	Titik Didih (°C)
<i>o</i> -hidroksimetilbenzena	31	191
<i>m</i> -hidroksimetilbenzena	12	203
<i>p</i> -hidroksimetilbenzena	35	202

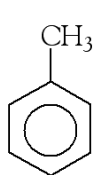
Sumber: Kimia Lengkap SPPM, 1985



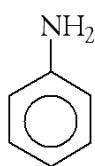
4-bromo-1,2-dimetilbenzena

Jika gugus substituen sebanyak tiga atau lebih, penataan nama menggunakan penomoran dan ditulis secara alfabet. Nomor terkecil diberikan kepada gugus fungsional (alkohol, aldehida, atau karboksilat) atau gugus dengan nomor paling kecil.

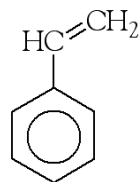
Disamping tata nama menurut IUPAC, juga terdapat beberapa nama yang sudah umum (*trivial*), misalnya:



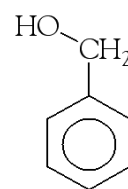
IUPAC: Metilbenzena  
Trivial: Toluena



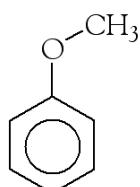
Fenilamina/aminobenzena  
Anilin



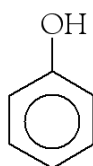
Feniletena/vinilbenzena  
Stirena



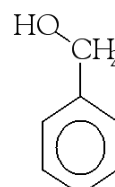
Benzilalkohol



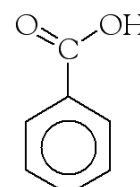
IUPAC: Metoksibenzena/fenil metil eter  
Trivial: Anisol



Hidroksibenzena/fenilalkohol  
Fenol

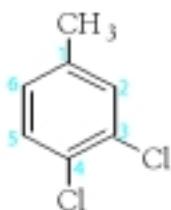


Benzaldehida

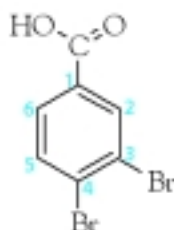


Asam benzoat

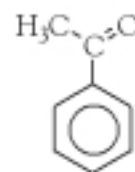
Tata nama trivial sering kali dipakai sebagai nama induk dari benzena. Penomoran untuk senyawa seperti ini dimulai dari gugus fungsional. Contoh:



3,4-diklorotoluena



Asam 3,4-dibromobenzoat



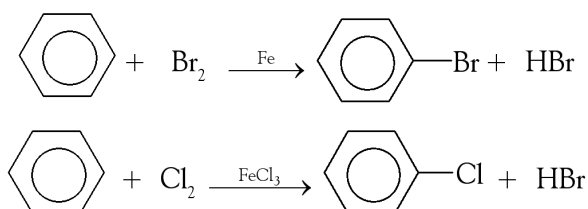
Asetofenon

### 3. Reaksi Substitusi Benzena

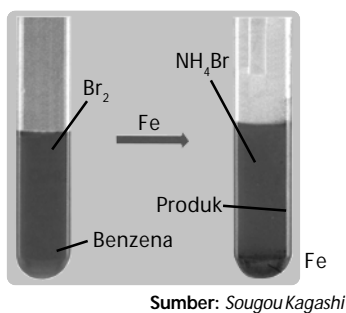
Reaksi benzena umumnya melalui reaksi substitusi, walaupun ada sebagian reaksi yang melalui reaksi adisi. Macam-macam substitusi benzena di antaranya *halogenasi benzena*, *nitiasi benzena*, dan *reaksi Friedel-Crafts*.

#### a. Halogenasi Benzena

Dengan adanya katalis besi(III) klorida atau aluminium klorida, benzena dapat bereaksi dengan klorin ataupun bromin membentuk senyawa halobenzena pada suhu kamar. Persamaan reaksinya:

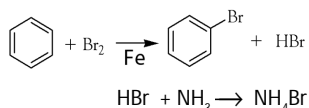




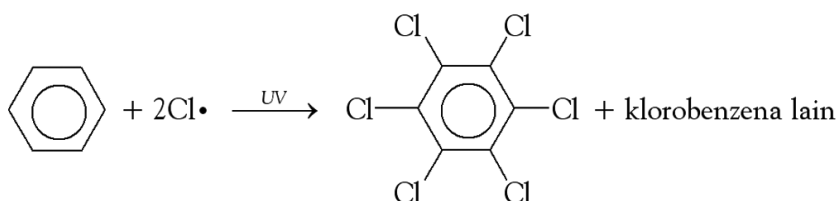


**Gambar 7.3**

Reaksi substitusi benzena oleh bromin menghasilkan bromobenzena.



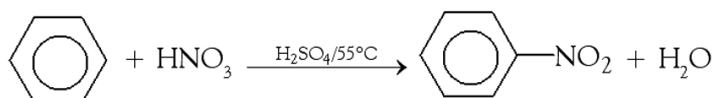
Benzena dapat juga bereaksi dengan klorin atau bromin tanpa bantuan katalis jika ada cahaya ultraviolet (cahaya matahari dapat juga diterapkan). Reaksi yang terjadi adalah pembentukan radikal bebas dari halogen.



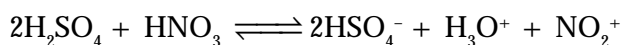
Reaksi ini melibatkan reaksi adisi dan substitusi atom klorin pada cincin benzena membentuk beberapa senyawa klorobenzena.

### b. Nitirasi Benzena

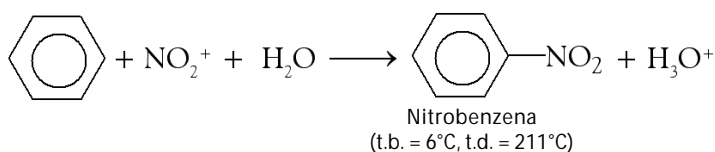
Campuran asam nitrat pekat dan asam sulfat pekat dengan volume sama dikenal sebagai campuran nitirasi. Jika campuran ini ditambahkan ke dalam benzena, akan terjadi reaksi eksotermal. Jika suhu dikendalikan pada 55°C maka hasil reaksi utama adalah nitrobenzena, suatu cairan berwarna kuning pucat (**Gambar 7.4**). Reaksinya secara umum:



Fungsi asam sulfat dalam reaksi di atas adalah untuk menghasilkan kation nitril,  $\text{NO}_2^+$  dari asam nitrat. Persamaan reaksinya:



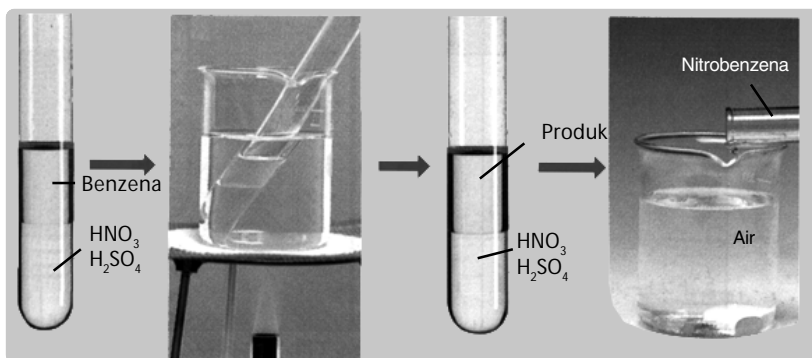
Kation nitril selanjutnya bereaksi dengan benzena membentuk nitrobenzena:



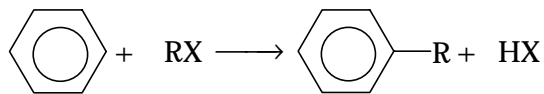
Jika campuran nitirasi dan benzena dipanaskan pada suhu di atas 60°C selama lebih kurang satu jam maka gugus nitro yang kedua akan menukargantikan atom H pada cincin benzena. Setelah campuran reaksi dituangkan ke dalam air akan terbentuk kristal kuning pucat dari *di-* atau *tri-*nitrobenzena.

### c. Reaksi Friedel-Crafts

**Gambar 7.4**  
Proses nitirasi benzena

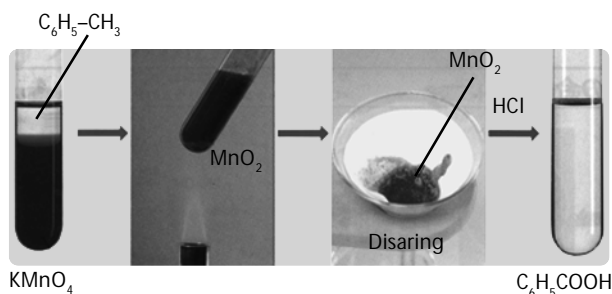
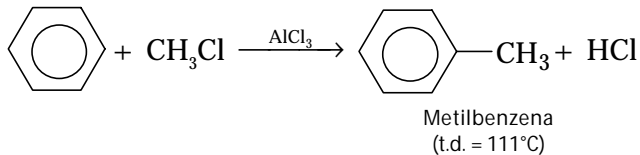


Penambahan katalis  $\text{AlCl}_3$  anhidrat dalam reaksi benzena dan haloalkana atau asam klorida akan terjadi reaksi sangat eksotermis. Jenis reaksi ini dinamakan reaksi Friedel-crafts. Persamaan reaksi umum:

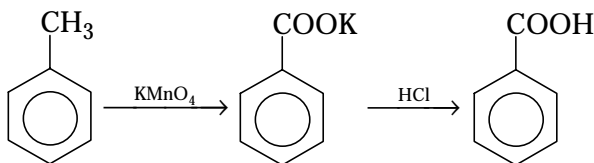


Contoh:

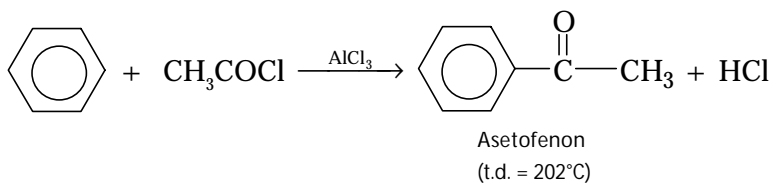
- 1) Reaksi benzena dan haloalkana dengan bantuan katalis  $\text{AlCl}_3$  anhidrat akan terbentuk alkilbenzena disertai pelepasan kalor.



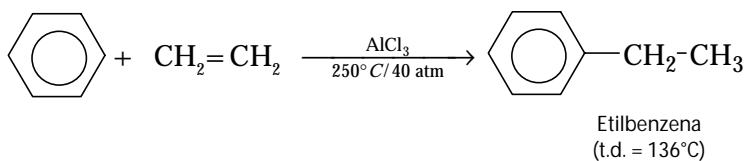
Sumber: Sougou Kagashi



- 2) Asilasi benzena dengan adanya katalis  $\text{AlCl}_3$  anhidrat akan membentuk asetofenon



- 3) Penambahan etena ke dalam benzena dengan adanya katalis  $\text{AlCl}_3$  anhidrat pada 250°C dan 40 atm membentuk etilbenzena.



#### 4. Kereaktifan Senyawa Turunan Benzena

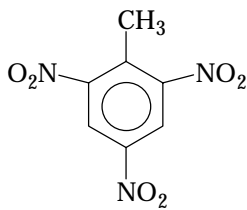
Senyawa-senyawa turunan benzena dapat direaksikan dengan senyawa lain melalui *reaksi nitrasi*, *halogenasi*, *sulfonasi*, dan *pembentukan senyawa diazonium*.

**Gambar 7.5**

Metilbenzena hasil reaksi Friedel-crafts dioksidasi dengan  $\text{KMnO}_4$  terbentuk K-benzoat. Setelah dilarutkan dalam HCl akan terbentuk asam benzoat.

#### Kata Kunci

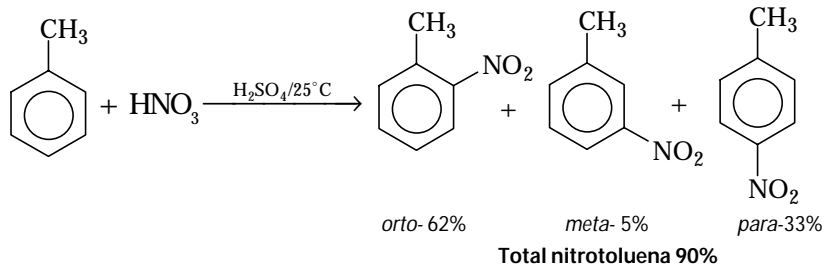
- Halogenasi benzena
- Nitrasi benzena
- Reaksi Friedel-crafts
- Reaksi eksotermal
- Alkilasi benzena
- Asilasi benzena



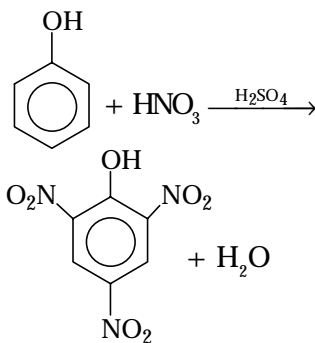
Trinitrotoluena (TNT): bahan peledak dinamit dibuat melalui reaksi toluena dengan  $\text{HNO}_3$  +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  berasap.

### a. Reaksi Nitrasi

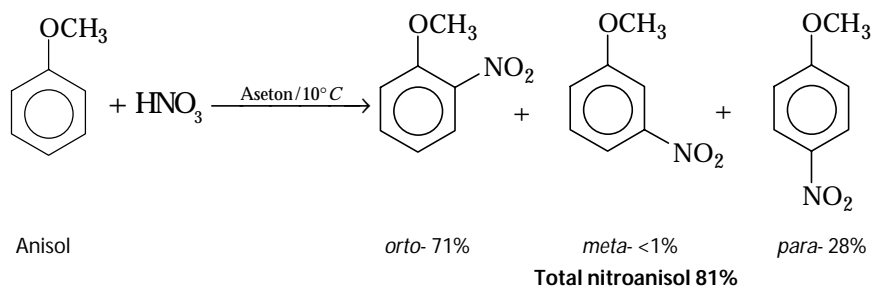
Nitrasi pada toluena akan menghasilkan senyawa nitrotoluena, baik pada posisi *orto*-, *meta*-, maupun *para*-.



Campuran  $\text{HNO}_3$  pekat dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  terlalu kuat digunakan sebagai pereaksi nitration pada senyawa aromatik yang sudah tersubstitusi, seperti pada anisol dan fenol. Untuk itu, digunakan asam nitrat dalam pelarut air atau pelarut organik.

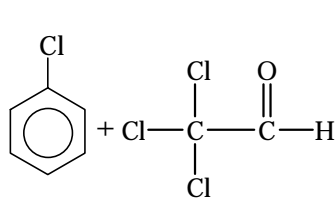


Nitrasi fenol akan membentuk senyawa 2,4,6-trinitrofenol, berupa serbuk berwarna kuning (bahan peledak yang lebih kuat dari TNT).

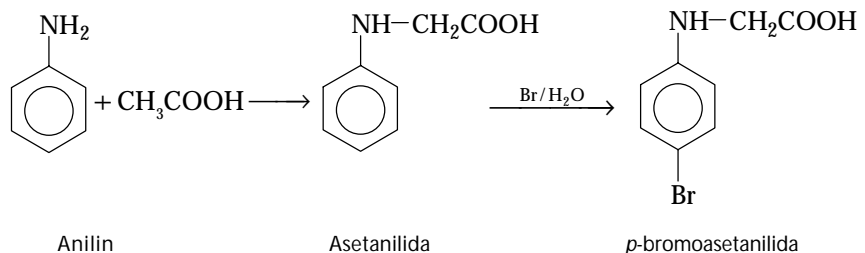
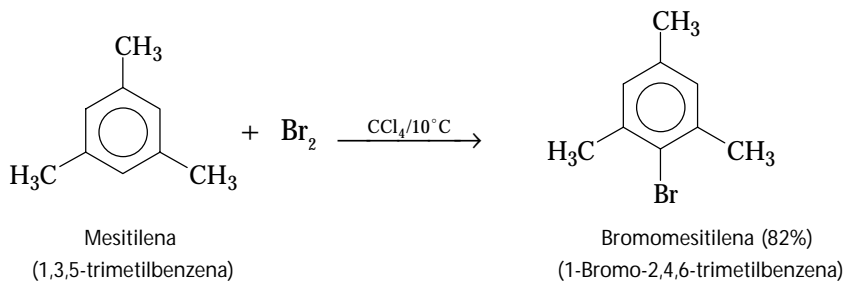


### b. Reaksi Halogenasi

Reaksi halogenasi turunan benzena biasanya menggunakan gas  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$ , atau  $\text{I}_2$ . Reaksinya lebih lambat dibandingkan dengan nitration dan memerlukan katalis yang cocok. Reaksi fluorinasi tidak dilakukan dengan cara ini sebab sangat eksoterm. Contoh reaksi halogenasi:



Klorobenzena direaksikan dengan trikloroasetaldehida menghasilkan DDT (pembasmi serangga)

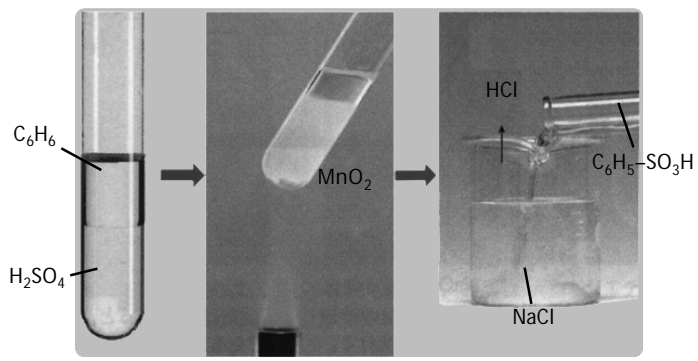
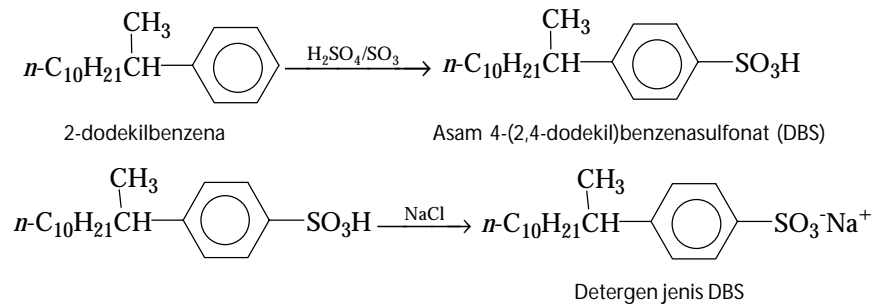


### c. Reaksi Sulfonasi

Sulfonasi senyawa aromatik merupakan salah satu reaksi penting dalam industri. Reaksi ini terutama berguna pada pembuatan detergen. Alkilbenzena yang dibuat melalui reaksi Friedel-crafts disulfonasi menjadi asam benzena sulfonat (**Gambar 7.6**). Dalam bentuk garamnya dikenal sebagai detergen (ABS dan DBS).

**Kata Kunci**

- Pereaksi nitrasi
- Reaksi sulfonasi
- Gugus azo

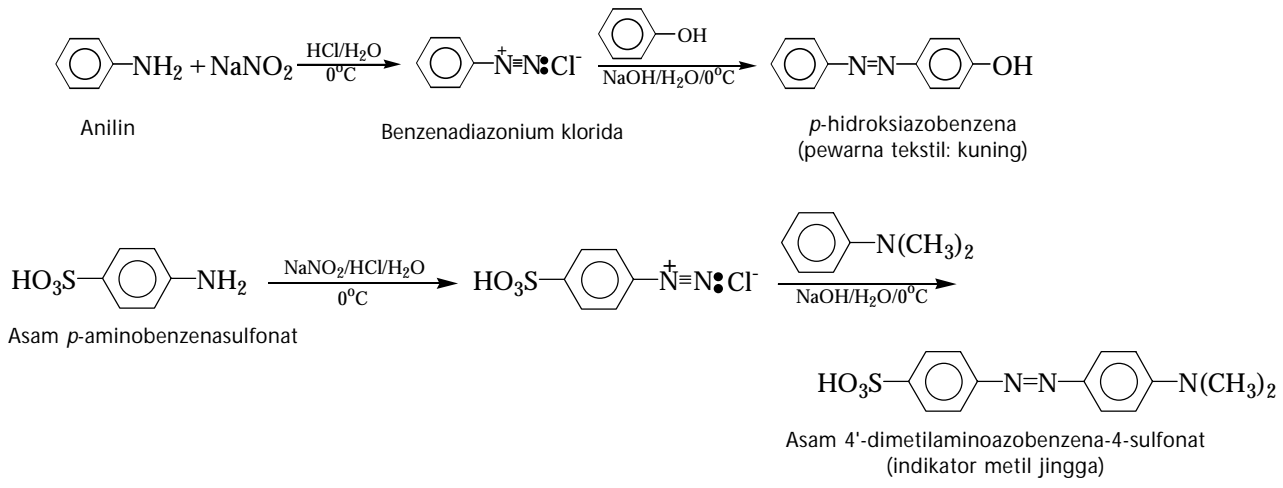


Sumber: Sougou Kagashi

**Gambar 7.6**  
Sulfonasi benzena dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terbentuk C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-SO<sub>3</sub>H. Setelah dituangkan ke dalam larutan NaCl terbentuk garam C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-SO<sub>3</sub>Na.

### d. Pembentukan Diazonium

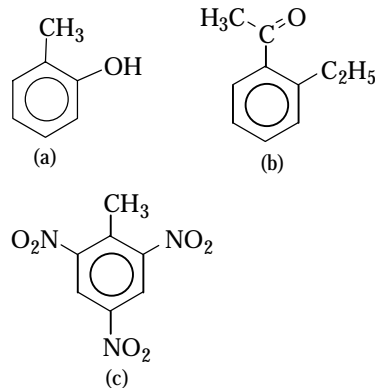
Senyawa diazonium banyak digunakan sebagai pewarna pada tekstil dan makanan. Senyawa ini dibuat melalui reduksi gugus amina menjadi gugus azo (-N=N-) dengan zat pereduksi NaNO<sub>2</sub>. Reaksi ini disebut juga dengan reaksi perangkaian diazonium. Beberapa contoh pembentukan senyawa diazonium adalah sebagai berikut.



## Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Mengapa ikatan rangkap pada benzena berbeda dengan ikatan rangkap pada alkena?
2. Di antara senyawa berikut, manakah yang dapat larut dalam benzena? (a) toluena; (b) alkohol; (c) heksana; (d) kloroform; (e) naftalena; (f) air.
3. Titik didih senyawa hidroksibenzena pada posisi *orto*-, *meta*-, *para*-, berturut-turut: 191°C, 203°C, 202°C. Mengapa posisi *orto*- lebih rendah dibandingkan posisi *meta*- dan *para*-? Jelaskan.
4. Tuliskan nama menurut IUPAC senyawa turunan benzena berikut.



## B. Kegunaan Senyawa Benzena dan Turunannya

Disadari atau tidak, sejumlah zat kimia telah banyak dikonsumsi baik secara langsung maupun tidak langsung. Bahan-bahan kimia yang dikonsumsi secara langsung, misalnya zat aditif pada makanan dan obat-obatan. Bahan-bahan kimia yang dikonsumsi secara tidak langsung misalnya pupuk dan pestisida.

### 1. Zat Aditif pada Makanan

Zat aditif makanan adalah *zat kimia yang tidak biasa dimakan secara langsung tetapi ditambahkan ke dalam makanan untuk memperoleh sifat-sifat tertentu*. Contoh zat aditif adalah cita rasa, bentuk, aroma, warna, dan tahan lama (awet).

#### a. Pemanis

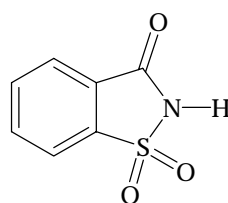
Pemanis makanan yang tradisional biasanya menggunakan gula tebu atau gula aren (kelapa). Pemanis buatan yang diizinkan oleh Departemen Kesehatan adalah sakarin, aspartam, dan sorbitol.

Sakarin adalah senyawa turunan benzena berupa kristal putih, hampir tidak berbau. Rasa manis sakarin 800 kali dari rasa manis gula tebu. Sakarin ditambahkan ke dalam minuman atau biskuit dengan dosis yang dikonsumsi tidak melebihi 1 g per hari.

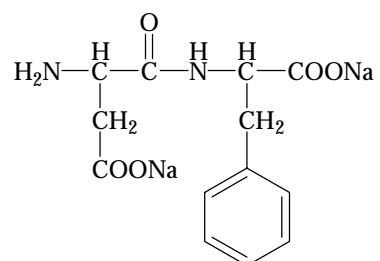
Aspartam merupakan serbuk berwarna putih, tidak berbau, dan bersifat higroskopis. Rasa manis aspartam sama dengan 200 kali dibandingkan gula tebu. Untuk setiap kg berat badan jumlah aspartam yang boleh dikonsumsi setiap harinya adalah 40 mg.

### Kata Kunci

- Zat aditif
- Higroskopis
- Karsinogen



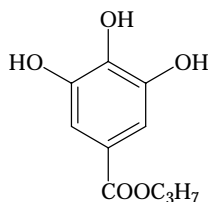
Sakarin



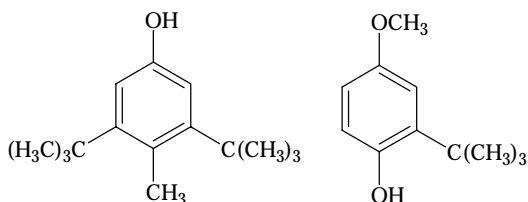
Na-aspartam

## b. Pengawet

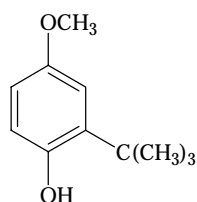
Penambahan zat pengawet pada makanan berguna untuk mencegah oksidasi dan menghambat pertumbuhan bakteri. Bahan pengawet buatan sebagai antioksidan adalah butilasihidroksianisol (BHA), butilasihidroksitoluena (BHT), paraben (*p*-hidroksibenzoat), dan propilgalat, sedangkan untuk menghambat pertumbuhan bakteri atau jamur adalah natrium benzoat.



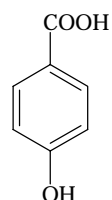
Propilgalat



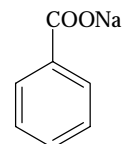
BHT



BHA



Paraben



Natriumbenzoat

## c. Pewarna Makanan

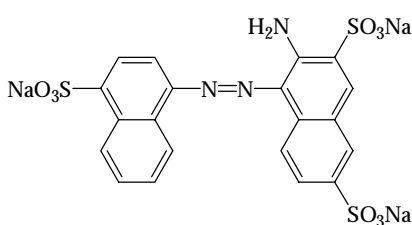
Pewarna buatan bertujuan menjadikan makanan seolah-olah memiliki banyak warna daripada yang sesungguhnya. Pewarna buatan umumnya berasal dari senyawa aromatik diazonium. Beberapa pewarna buatan yang diizinkan oleh Depkes di antaranya dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 7.3** Beberapa Merk Dagang Pewarna Makanan

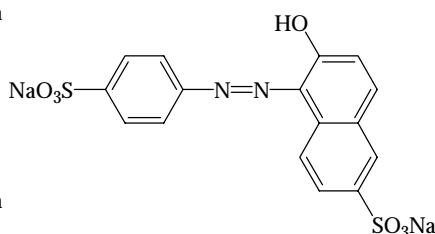
Nama	Nama Niaga
Amaran	<i>Food Red 2</i>
Eritrosin	<i>Food Red 3</i>
Fast green	<i>Food Green 3</i>
Indigotin	<i>Food Blue 2</i>
Sunset Yellow	<i>Food Yellow 6</i>
Tartrazin	<i>Food Yellow 5</i>

Sumber: *Biokimia, Nutrisi, dan Metabolisme*, 1985

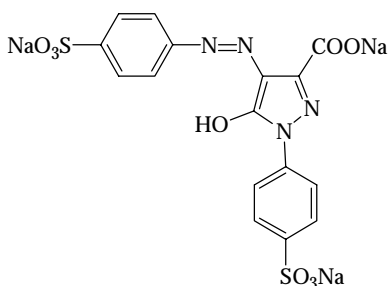
Beberapa pewarna berbahaya dan dilarang penggunaannya karena berpotensi menimbulkan karsinogen adalah auramin (merk dagang, *basic yellow 2*), ponceau 3R (*solvent yellow 5*), sudan I (*food yellow 14*), dan rhodamin B (*food red 15*).



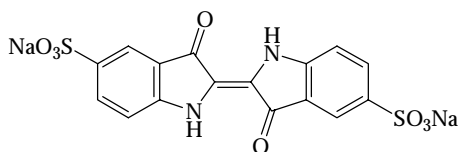
Amaran (merah 2)



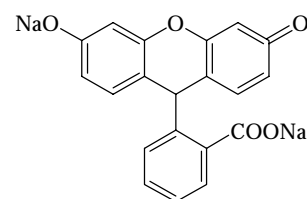
Sunset yellow (kuning 6)



Tartrazin (kuning 5)



Indigotin (biru 2)

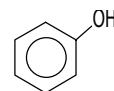


Eritrosin (merah 3)



## Mahir Menjawab

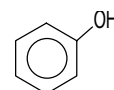
Kegunaan senyawa turunan benzena dengan rumus struktur berikut adalah ....



- aspirin
- zat warna
- pengawet
- antiseptik
- bahan-bahan nilon 66

### Pembahasan

Fenol adalah senyawa turunan benzena yang mempunyai rumus struktur:



Larutan fenol dalam air bersifat sebagai asam lemah, sifat lain dari fenol adalah seperti alkohol. Fenol dapat mematikan mikroorganisme sehingga digunakan untuk membuat karbol. Fenol digunakan juga sebagai antiseptik. (D)

SPMB 2004



## Sekilas Kimia

### Aspirin

Pentingnya anhidrida asam dalam industri sebagai zat peng-asilasi. Selain murah, anhidrida asam cukup reaktif untuk memperoleh reaksi yang diinginkan. Oleh karena itu, dalam pembuatan obat-obatan seperti aspirin dan serat buatan, etanoat anhidrida digunakan sebagai zat peng-etanoilasi.

Asam-2-etanoiloksibenzena karboksilat atau aspirin, yang dihasilkan dari reaksi asam-2-hidroksi benzoat (asam salisilat) dan etanoat anhidrida, sangat efektif untuk pemulihan penyakit dan obat anti-radang.

Aspirin juga dapat menyembuhkan sakit kepala, flu, demam, sakit yang berkepanjangan, sakit punggung, sakit gigi, dan lain-lain.

Sekitar 15.000 juta tablet aspirin digunakan setiap tahunnya di Inggris untuk memenuhi pasokan permintaan.



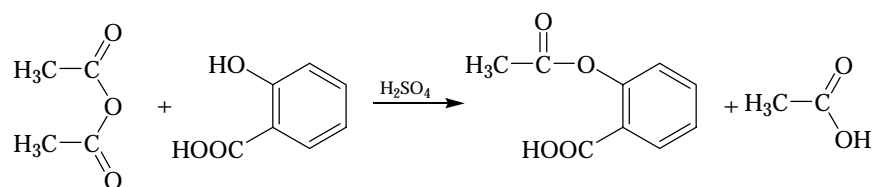
Sumber: Heinemann Advance Science: Chemistry, 2000

## 2. Obat-obatan

Berbagai jenis obat telah diproduksi dan dikonsumsi untuk menjaga kesehatan dan menyembuhkan berbagai jenis penyakit. Pada umumnya obat-obatan yang diproduksi dapat dikelompokkan ke dalam obat analgesik, antibiotik, psikiatrik, dan hormon.

Analgesik adalah obat yang digunakan untuk mengurangi rasa sakit. Jika kita merasa sakit, otak kita akan mengeluarkan zat kimia yang disebut analgesik. Obat analgesik yang dipasarkan dikemas dengan nama dagang, seperti aspirin, parasetamol, dan kodeina.

Aspirin dipakai untuk mengurangi rasa sakit seperti sakit kepala atau sakit gigi. Aspirin juga dapat digunakan untuk menurunkan suhu tubuh. Namun demikian, penggunaan aspirin harus hati-hati sebab dapat melukai dinding usus, juga bersifat candu (ketagihan). Aspirin dapat diproduksi melalui reaksi asilasi asam salisilat. Persamaan kimianya:



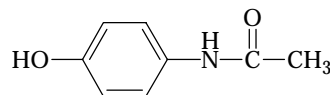
Etanoat anhidrida

Asam salisilat

Aspirin

Asam etanoat

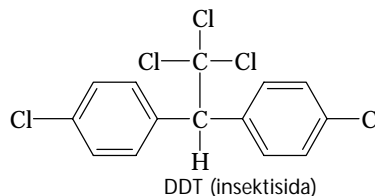
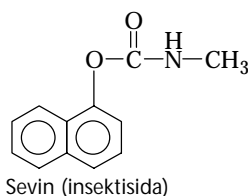
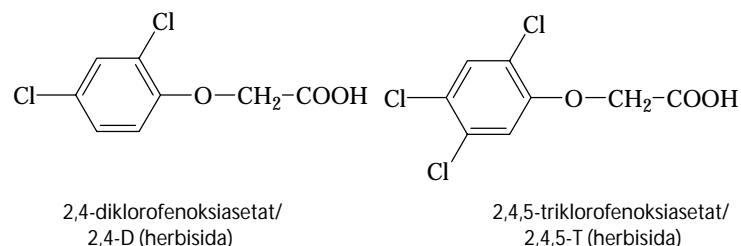
Parasetamol dipasarkan dengan nama panadol. Parasetamol memiliki kegunaan serupa aspirin, yakni mengurangi rasa sakit. Namun, parasetamol tidak begitu berbahaya jika dibandingkan dengan aspirin sebab parasetamol tidak melukai dinding usus.

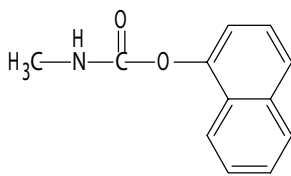


Struktur molekul parasetamol

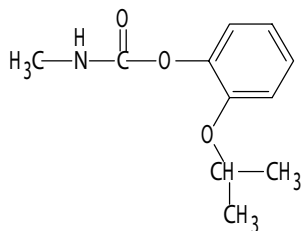
## 3. Pestisida

Pestisida adalah zat yang digunakan untuk mencegah, mengendalikan, atau membunuh serangga (insektisida), tumbuhan (herbisida), dan jamur (fungisida). Pestisida yang tergolong senyawa halobenzena, misalnya DDT (diklorodifenil-trikloroetana); 2,4-D; dan 2,4,5-T. Senyawa lainnya adalah turunan fosfat dan karbamat.

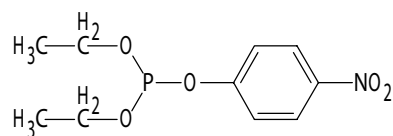




*N*-metil-1-naftilkarbamat



Baygon



O,O-dietil-O-*p*-nitrofeniltiofosfat  
(paration atau insektisida)

Paration efektif digunakan untuk mencegah hama pengganggu buah-buahan, tetapi pestisida ini sangat beracun bagi manusia.

Selain kegunaan di atas, senyawa benzena juga digunakan sebagai bahan baku pada pembuatan polimer sintetik, seperti nilon dan polikarbonat, serta poliester.

## Kegiatan Inkuiri

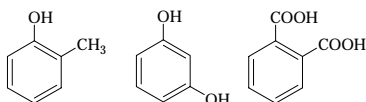


Telitilah oleh Anda komposisi-komposisi obat antinyamuk yang umum di pasaran. Apakah yang menyebabkan beberapa obat antinyamuk telah dilarang beredar di pasaran?

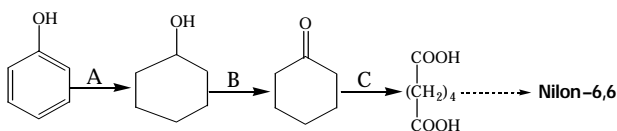
## Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

- Tuliskan nama untuk senyawa berikut berdasarkan IUPAC, trivial, atau posisi *ortho*-, *para*-, *meta*-.



- Nilon-6,6 dapat dibuat dari bahan baku fenol melalui tahapan reaksi berikut.



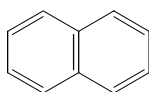
- Tuliskan persamaan reaksi setara untuk reaksi A dan sebutkan katalis yang digunakan.
- Apakah nama senyawa hasil reaksi B dan sebutkan macam reaksinya?
- Oksidator apa yang digunakan untuk reaksi C?

## C. Senyawa Polisiklik dan Heterosiklik

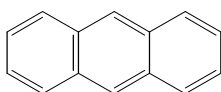
Beberapa senyawa aromatik yang lain dapat dikelompokkan dalam dua kelas, yaitu senyawa polisiklik dan senyawa heterosiklik. Senyawa aromatik polisiklik juga dikenal dengan sebutan senyawa aromatik polinuklir atau cincin terpadu.

### 1. Senyawa Polisiklik Aromatik

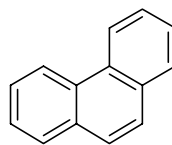
Senyawa aromatik ini dicirikan oleh cincin-cincin aromatik yang menggunakan atom-atom karbon tertentu secara bersama-sama, atau dua atau lebih cincin benzena dipadukan. Berikut contoh struktur senyawa aromatik polisiklik.



Naftalena



Antrasena



Fenantrena



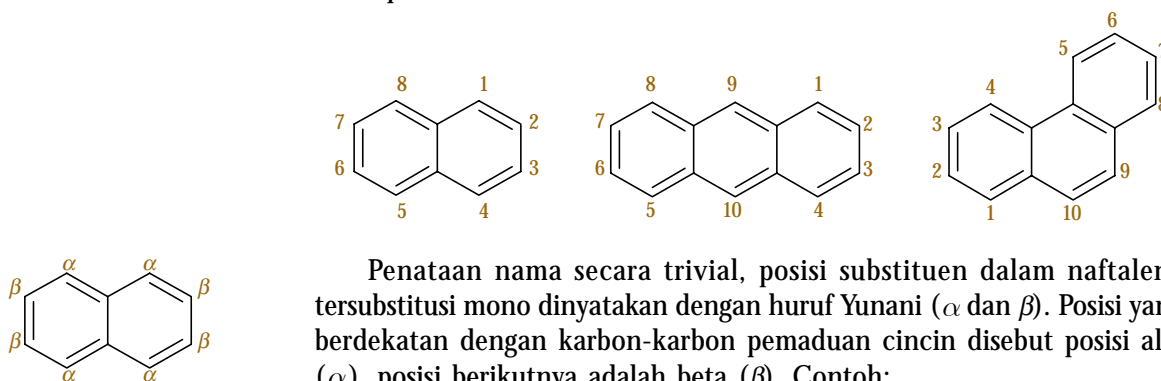
Grafit merupakan salah satu contoh senyawa polisiklik. Struktur grafit terdiri atas bidang-bidang cincin benzena terpadu. Jarak antara setiap dua bidang (sekitar  $3,5\text{\AA}$ ) diduga merupakan ketebalan sistem ikatan  $\pi$  ( $p\pi$ ) dari benzena.

Sifat licin dari grafit disebabkan kemampuan bidang-bidang ini dapat bergeser satu sama lain. Berdasarkan sifat ini maka grafit sering digunakan sebagai pelumas. Akibat elektron  $\pi$  yang dapat berpindah-pindah dan terdelokalisasi, grafit dapat menghantarkan arus listrik dan digunakan sebagai elektrode pada baterai.

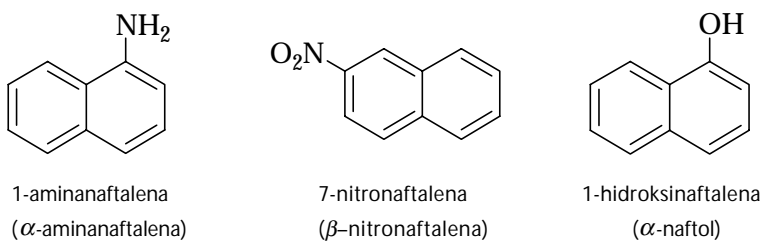
Hidrokarbon aromatik polisiklik dan sebagian besar turunannya berbentuk zat padat. Naftalena digunakan sebagai pengusir ngengat, serta turunannya digunakan dalam bahan bakar motor dan pelumas. Aromatik polisiklik digunakan secara luas sebagai zat antara pada sintesis organik, misalnya dalam pembuatan zat warna (lihat kegunaan senyawa benzena pada pembahasan sebelumnya).

### a. Tata Nama Senyawa Polisiklik

Sistem cincin senyawa aromatik polisiklik memiliki tata nama tertentu yang berbeda dengan penomoran pada benzena atau sikloalkana, yang dimulai pada posisi substituenya. Penomoran pada polisiklik ditetapkan berdasarkan perjanjian dan tidak berubah di manapun posisi substituenya. Lihat penomoran berikut.



Penataan nama secara trivial, posisi substituen dalam naftalena tersubstitusi mono dinyatakan dengan huruf Yunani ( $\alpha$  dan  $\beta$ ). Posisi yang berdekatan dengan karbon-karbon pepaduan cincin disebut posisi alfa ( $\alpha$ ), posisi berikutnya adalah beta ( $\beta$ ). Contoh:

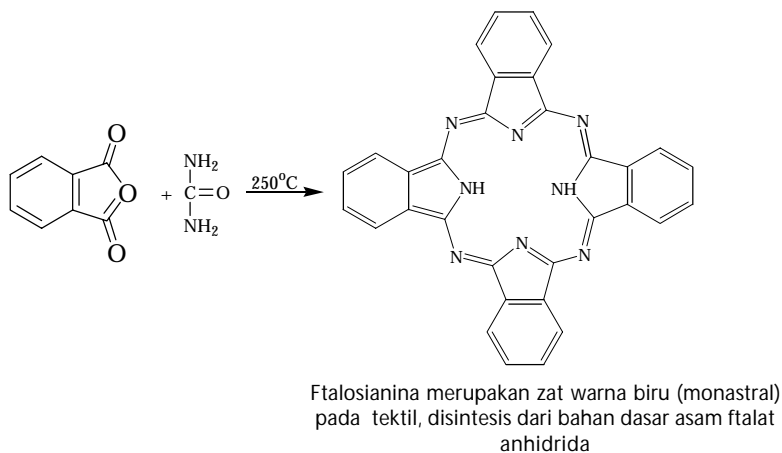
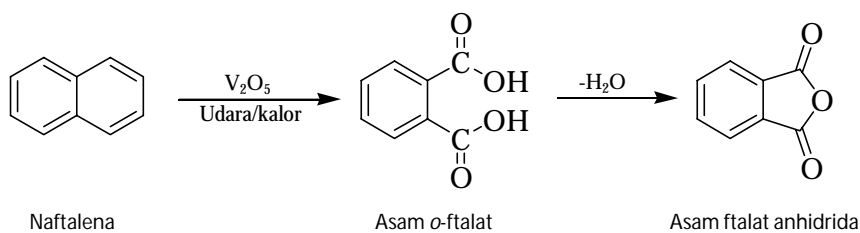


### b. Kereaktifan Senyawa Polisiklik

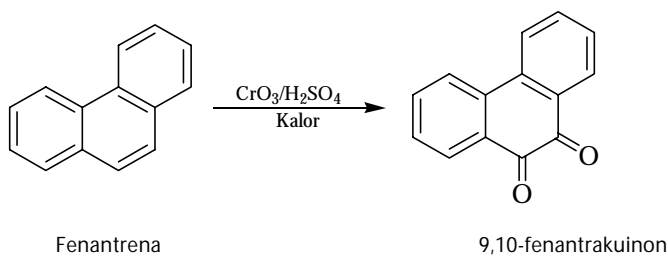
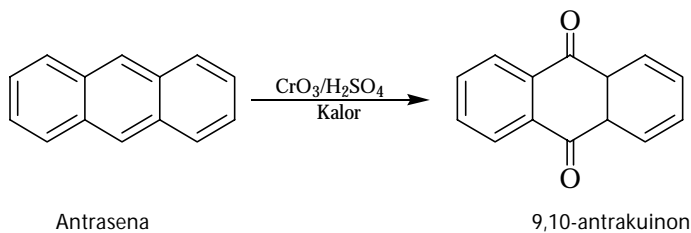
Senyawa aromatik polisiklik lebih reaktif terhadap serangan oksidasi, reduksi, dan substitusi dibandingkan senyawa benzena. Kereaktifan ini disebabkan kemampuan bereaksi dari suatu cincin, sementara cincin lainnya masih dipertahankan.

#### 1) Reaksi Oksidasi

Asam ftalat anhidrida dibuat dari oksidasi naftalena dengan katalis vanadium oksida. Persamaan reaksinya:

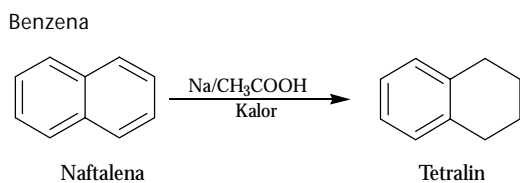
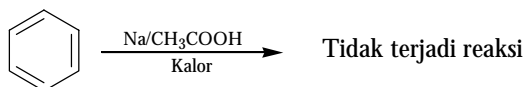


Antrasena dan fenantrena dapat juga dioksidasi menjadi suatu kuinon. Reaksinya:



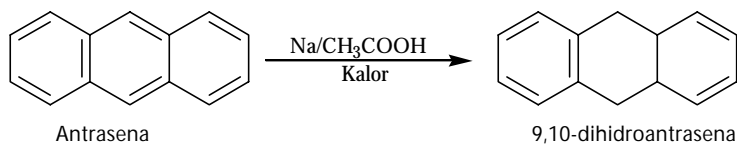
## 2) Reaksi Reduksi

Berbeda dari benzena, senyawa polisiklik dapat dihidrogenasi (direduksi) parsial pada tekanan dan suhu kamar.



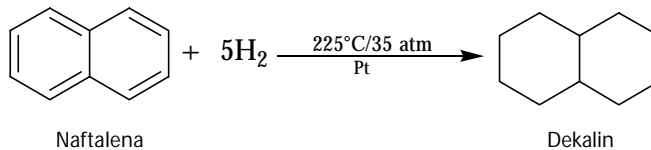
### Kata Kunci

- Polisiklik
- Reaksi oksidasi
- Reaksi reduksi
- Tereduksi parsial



Perhatikan bahwa sistem cincin yang tereduksi parsial masih mengandung cincin benzena. Sebagian besar sifat aromatik dari sistem cincin masih ada dan dipertahankan.

Untuk menghidrogenasi semua cincin aromatik dalam naftalena dapat dilakukan pada suhu dan tekanan tinggi. Persamaan reaksinya:

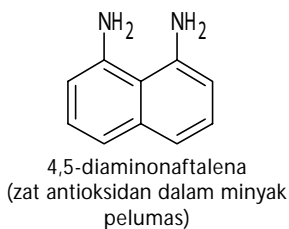
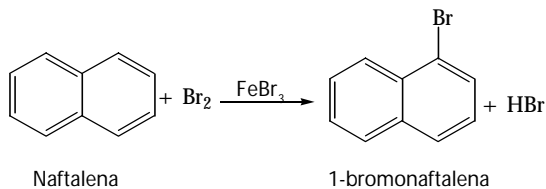
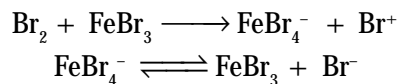


### 3) Reaksi Substitusi

Sistem cincin aromatik polisiklik lebih reaktif terhadap serangan substitusi daripada benzena. Naftalena mengalami reaksi substitusi terutama pada posisi atom karbon nomor-1. Beberapa contoh reaksi substitusi aromatik polisiklik di antaranya reaksi brominasi dan reaksi sulfonasi.

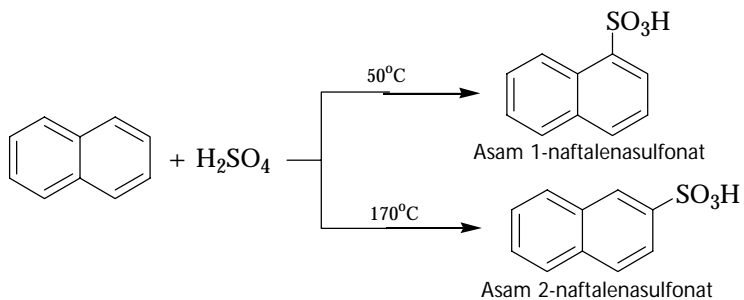
#### a) Reaksi brominasi

Berdasarkan hasil percobaan diketahui bahwa naftalena dapat dibrominasi pada suhu kamar menggunakan katalis FeBr<sub>3</sub>. Reaksi yang terjadi menggunakan mekanisme reaksi yang ditunjukkan sebagai berikut.



#### b) Reaksi sulfonasi

Reaksi sulfonasi pada naftalena dilakukan sama seperti pada sulfonasi benzena. Berdasarkan data hasil percobaan diketahui bahwa reaksi sulfonasi naftalena dipengaruhi oleh suhu.

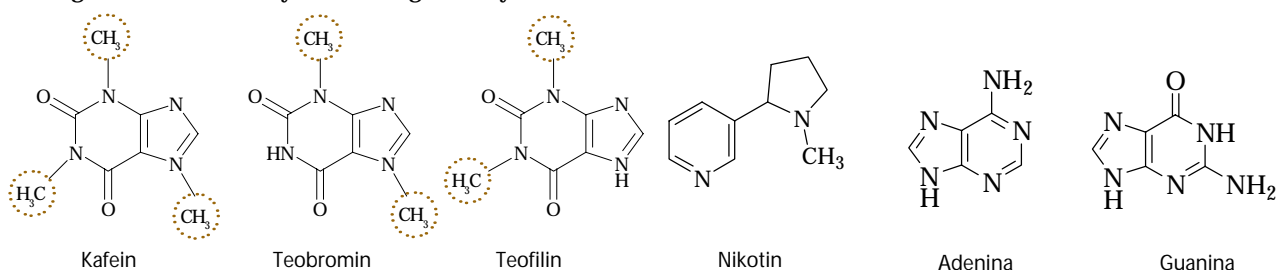


Pada suhu di bawah 60°C, naftalena bereaksi dengan asam sulfat pekat membentuk asam 1-naftalenasulfonat, tetapi pada suhu tinggi di atas 160°C, menghasilkan campuran produk dari asam 2-naftalenasulfonat (85%) dan asam 1-naftalenasulfonat (15%).

## 2. Senyawa Heterosiklik Aromatik

Senyawa heterosiklik aromatik adalah *suatu senyawa siklik di mana atom-atom yang terdapat dalam cincin terdiri atas dua atau lebih unsur yang berbeda*. Cincin heterosiklik dapat bersifat aromatik, sama seperti pada cincin benzena.

Senyawa heterosiklik banyak terdapat di alam sebagai suatu alkaloid (seperti, morfin, nikotin, dan kokain), asam-asam nukleat (pengembangan kode genetik), dan senyawa biologi lainnya. Contoh:

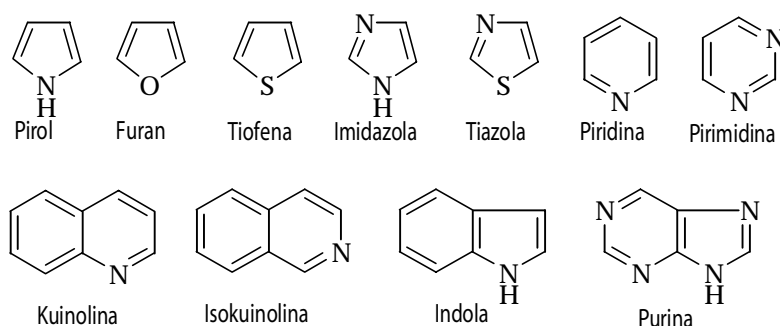


Contoh-contoh senyawa tersebut tergolong senyawa heterosiklik. Dalam kerangka cincin, selain atom karbon, juga terdapat atom nitrogen. Ketiga struktur tersebut berbeda karena posisi gugus metil (teobromin dan teofilin berisomer struktural). Perbedaan struktur ini menimbulkan perbedaan sifat fisika dan kimia.

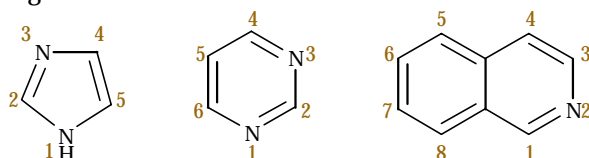
Kafein terdapat dalam kopi yang bersifat candu. Teobromin terdapat dalam coklat (*chocolate*) yang juga bersifat candu. Teofilin tergolong obat-obatan *broncodilator* (sesak napas). Nikotin terdapat dalam tembakau dan bersifat candu.

### a. Tata Nama Senyawa Heterosiklik

Sama seperti senyawa polisiklik aromatik, senyawa heterosiklik aromatik juga memiliki nama tertentu sebagai berikut.



Penataan nama senyawa heterosiklik menggunakan sistem penomoran. Nomor terendah sedemikian rupa diberikan kepada atom selain karbon yang terkandung dalam cincin. Contoh:

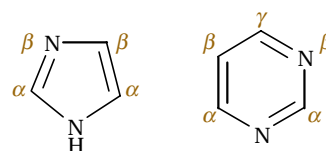


Penataan nama dapat juga menggunakan huruf Yunani untuk substituen mono, sama seperti pada senyawa polisiklik aromatik.

### Catatan Note

Purina merupakan kerangka dasar pembentukan adenina dan guanina (senyawa pembentuk DNA).

*Purine is a backbone component for adenine and guanine (the compounds of DNA structure).*

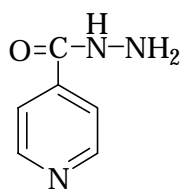


## b. Kereaktifan Beberapa Senyawa Heterosiklik

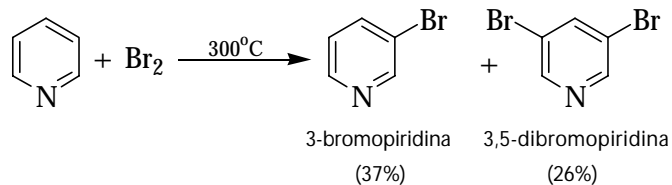
### 1) Piridina (Cincin 6 Anggota)

Senyawa heterosiklik dengan enam anggota yang paling umum adalah piridina. Piridina memiliki struktur sama dengan benzena, berupa cincin datar dengan lima atom karbon dan satu atom nitrogen. Setiap atom dalam cincin terhibridisasi secara  $sp^2$ . Oleh karena piridina memiliki satu atom nitrogen yang bersifat elektronegatif maka senyawa piridina bersifat polar, sedangkan benzena bersifat nonpolar.

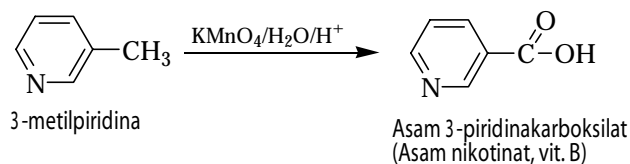
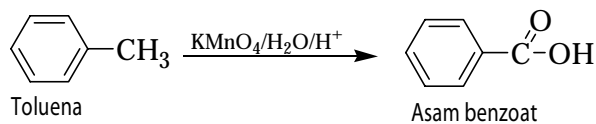
Piridina tidak dapat dialkylasi atau diasilasi seperti pada benzena melalui reaksi Friedel-Crafts. Piridina dapat disubstitusi oleh bromin hanya pada suhu tinggi dalam fasa uap sehingga diduga reaksi berlangsung melalui pembentukan radikal bebas. Reaksi substitusi terjadi pada posisi karbon nomor 3.



Isoniazida, digunakan untuk mengobati penyakit TBC.



Kesamaan lain antara piridina dan benzena adalah keduanya tahan terhadap serangan oksidasi. Reaksi oksidasi dapat terjadi pada gugus samping, sedangkan cincinnya tetap utuh.



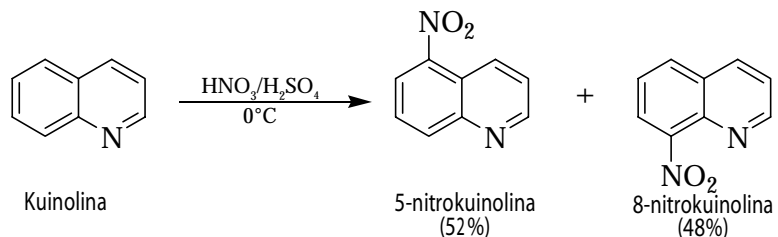
### Kata Kunci

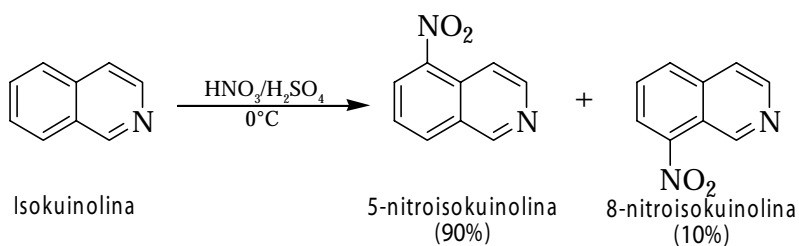
- Hibridisasi
- Kuinolina
- Isokuinolina
- Cincin 6 anggota
- Cincin 5 anggota
- Ikatan pi
- Pengkutuban parsial

### 2) Kuinolina dan Isokuinolina

Kuinolina adalah suatu heterosiklik cincin terpadu yang memiliki struktur serupa naftalena, tetapi dibedakan adanya atom nitrogen pada posisi-1 dalam cincin. Adapun isokuinolina adalah isomer posisi dari kuinolina yang memiliki atom nitrogen berada pada posisi-2.

Kuinolina dan isokuinolina, keduanya merupakan basa lemah ( $pK_b$  masing-masing adalah 9,1 dan 8,6). Reaksi substitusi terjadi pada posisi 5 dan 8. Contoh:





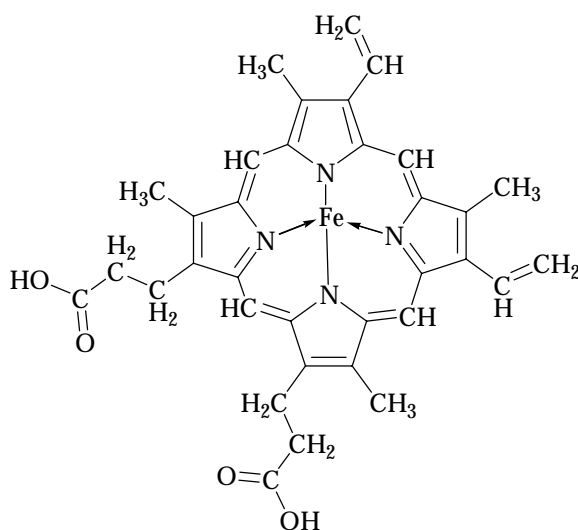
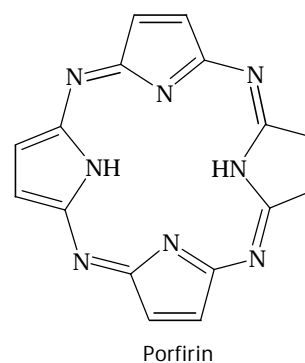
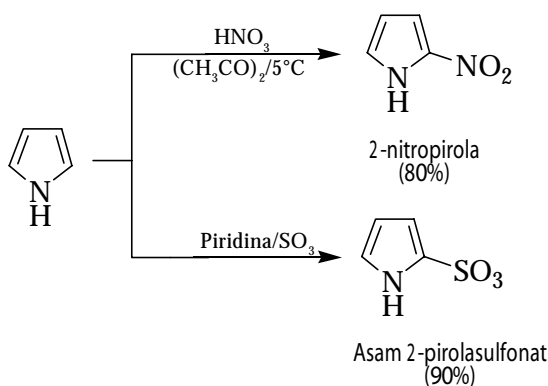
### 3) Pirola (Cincin 5 Anggota)

Pirola, furan, dan tiofena memiliki 5 anggota dalam cincin dan bersifat aromatik. Sifat aromatik ini disebabkan kelima anggota dalam cincin menyumbangkan dua elektron membentuk ikatan pi, seperti pada benzena.

Walaupun pirola mengandung atom nitrogen dalam cincin, tetapi tidak bersifat basa sebagaimana piridina atau amina lain. Hal ini disebabkan pasangan elektron bebas pada atom nitrogen sudah disumbangkan ke dalam cincin membentuk ikatan pi.

Oleh karena dalam cincin pirola kelebihan elektron, sedangkan atom nitrogen kekurangan elektron maka dalam pirola terjadi pengkutuban muatan secara parsial. Akibatnya, pirola bersifat polar.

Sama seperti pada benzena, senyawa aromatik yang memiliki lima anggota dapat bereaksi melalui reaksi substitusi. Contoh:



Hemin (sel darah merah)

### Catatan Note

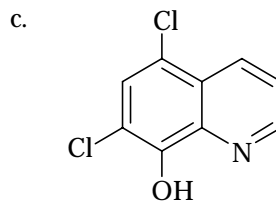
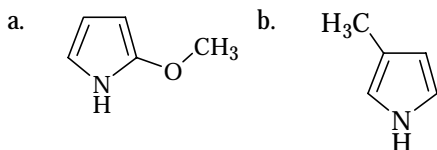
Senyawa Porfirin tersusun dari empat cincin pirola melalui ikatan aza (-N=). Struktur ini merupakan dasar dari senyawa heme (dalam darah) dan klorofil (dalam hijau daun).

*Porfirin is built of four pirola rings with aza (-N=) bond. The structure is backbone of heme in the blood and chlorophyll in the leaf.*

## Tes Kompetensi Subbab C

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Tuliskan struktur senyawa polisiklik berikut.
  - a. Asam 3-hidroksi-2-naftoat (berguna untuk menstabilkan vitamin B riboflavin)
  - b. Asam 1-naftalenasetat (hormon pertumbuhan tanaman yang mendorong untuk berbunga).
2. Tuliskan persamaan reaksi beserta strukturnya antara 1-nitronaftalena dan asam asetat dengan katalis  $\text{CrO}_3$  membentuk asam 3-nitro-1,2-ftalat.
3. Apa nama dari senyawa berikut berdasarkan IUPAC.



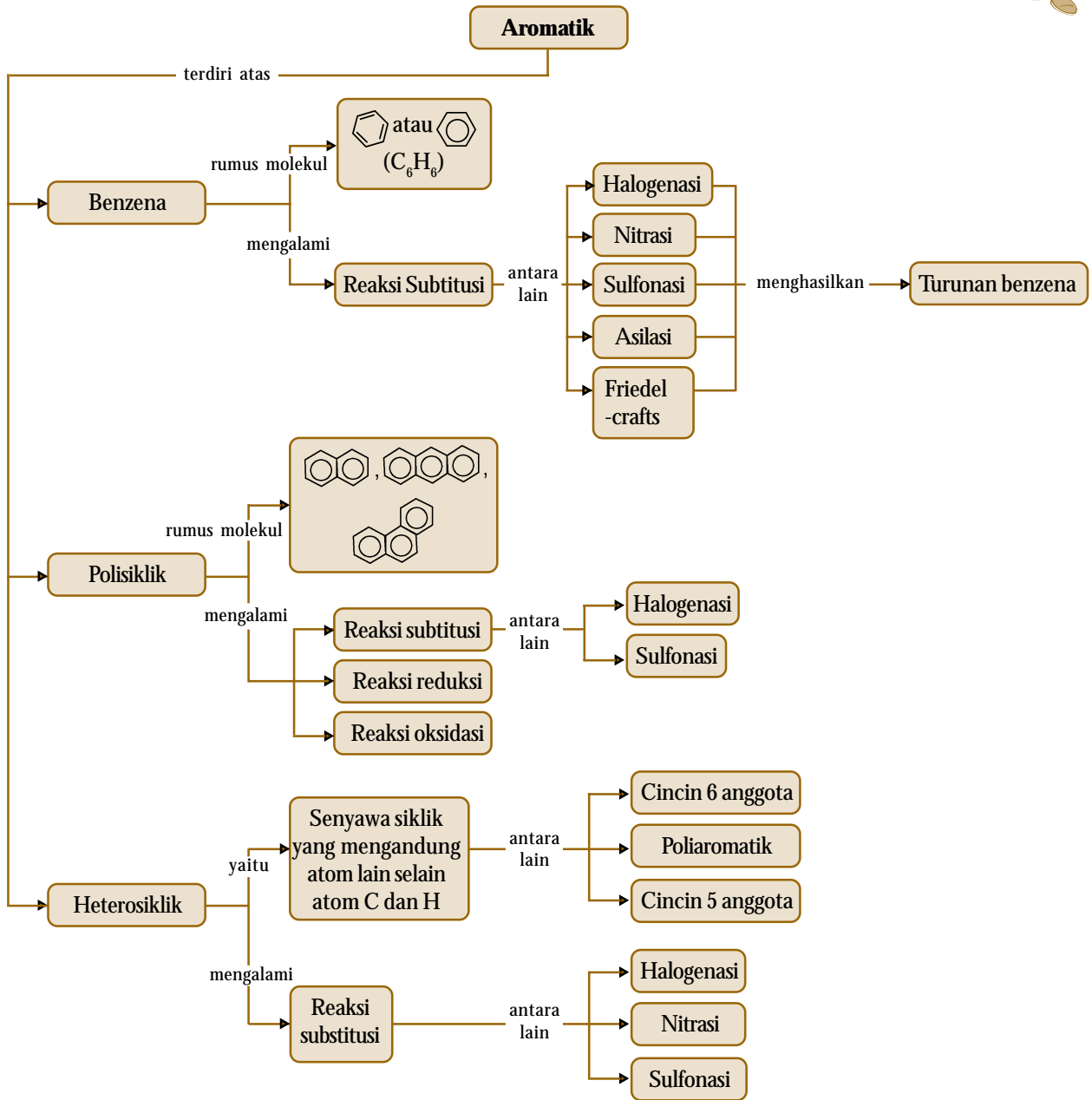
(Kloroksina, obat ketombe)

4. Gambarkan struktur senyawa berikut.
  - a. 2,4-dinitrofena,
  - b. *N*-fenilpirola,
  - c. Asam furan-2-karboksilat.

## Rangkuman

1. Benzena memiliki rumus molekul  $\text{C}_6\text{H}_6$ , dengan ikatan rangkap dua karbon-karbon terdelokalisasi.
2. Semua senyawa karbon yang mengandung benzena digolongkan sebagai turunan benzena, seperti alkilbenzena, fenil alkohol, asam benzoat, dan senyawa benzena lainnya.
3. Tata nama senyawa benzena didasarkan pada penomoran atau menggunakan kata depan *orto-*, *meta-*, *para-*. Di samping itu, penamaan senyawa benzena dengan nama trivial masih digunakan.
4. Benzena cenderung melakukan reaksi substitusi dari pada reaksi adisi. Beberapa reaksi substitusi benzena adalah halogenasi, nitrasi, sulfonasi, asilasi, dan reaksi friedel-crafts.
5. Reaksi yang terjadi pada benzena menghasilkan senyawa turunan benzena, antara lain reaksi nitrasi, halogenasi, sulfonasi, dan pembentukan diazonium.
6. Senyawa aromatik polisiklik adalah senyawa dengan dua atau lebih cincin benzena (polinuklir).
7. Ada tiga senyawa aromatik polisiklik yang umum, yaitu naftalena, antrasena, dan fenatrena.
8. Senyawa heterosiklik aromatik adalah senyawa siklik yang memiliki dua atau lebih unsur yang berbeda dalam cincin.
9. Senyawa heterosiklik aromatik enam anggota yang umum adalah piridina, yaitu suatu basa lemah dengan cincin bermuatan positif parsial.
10. Senyawa poliheterosiklik aromatik adalah suatu heterosiklik cincin terpadu yang memiliki struktur seperti naftalena, contohnya kuinolina dan isokuinolina.
11. Pirola, furan, dan trofena adalah senyawa aromatik heterosiklik yang memiliki lima anggota dalam cincin.

# Peta Konsep



## Refleksi

Apakah Anda merasa kesulitan dalam memahami materi di Bab 7 ini? Bagian manakah dari materi Bab 7 ini yang tidak Anda kuasai? Jika Anda merasa kesulitan, diskusikan dengan teman atau guru Anda.

Pada bab ini Anda telah mempelajari struktur, tata nama, sifat, dan kegunaan senyawa benzena dan turunannya serta senyawa aromatik lainnya. Anda juga telah memahami hubungan struktur dengan kereaktifan senyawa aromatik tersebut, sekaligus menerapkan aturan tata namanya.

Seperti yang telah Anda ketahui, sifat-sifat khas dari senyawa aromatik tersebut dapat diterapkan dalam berbagai aplikasi, baik dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam industri atau perdagangan. Misalnya, sebagai zat aditif, pewarna, pestisida, dan obat-obatan.

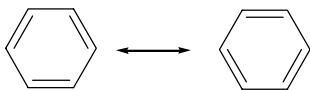
Bagaimana menurutmu aplikasi senyawa benzena dan turunannya serta senyawa aromatik lainnya di alam? Kemudian, dampak apa yang Anda ketahui dari penggunaan produk yang mengandung senyawa aromatik ini baik dari segi keuntungan maupun kerugiannya?



A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

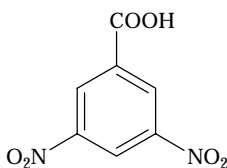
- Toluena, fenol, dan tiofena dikenal sebagai senyawa golongan ....
  - parafin
  - heterosiklik
  - polisiklik
  - aromatik
  - sikloalkena
- Di antara sifat-sifat benzena berikut, yang merupakan akibat langsung dari kestabilan cincin dengan elektron terdelokalisasi adalah ....
  - perubahan entalpi pembentukan standar berharga positif
  - tidak memiliki sifat konduktor listrik
  - titik didih rendah
  - ketahanan terhadap serangan kimia dari suatu pereaksi
  - kecenderungan menjalani reaksi substitusi daripada reaksi adisi atau kondensasi
- Panjang ikatan C–C adalah 0,154 nm dan C=C adalah 0,134 nm. Panjang ikatan karbon-karbon dalam molekul benzena adalah ....
  - 0,124 nm
  - 0,134 nm
  - 0,139 nm
  - 0,16 nm
  - 0,154 nm

- Struktur benzena dapat digambarkan dalam dua bentuk struktur seperti berikut.



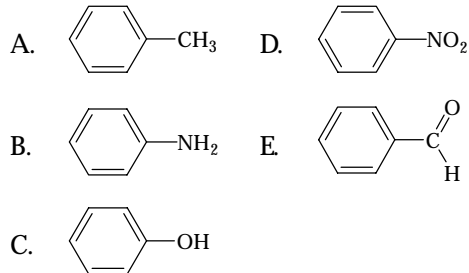
Struktur tersebut menyatakan gejala ....

- kondensasi
  - tautomeri
  - isomeri
  - resonansi
  - rasemasi
- Ikatan rangkap pada benzena berbeda dengan ikatan rangkap pada alkena. Hal ini disebabkan ....
    - energinya lebih kuat dari alkena
    - terdelokalisasi
    - tidak dapat diadisi
    - cincin benzena stabil
    - panjang ikatannya berbeda
  - Senyawa berikut memiliki nama ....



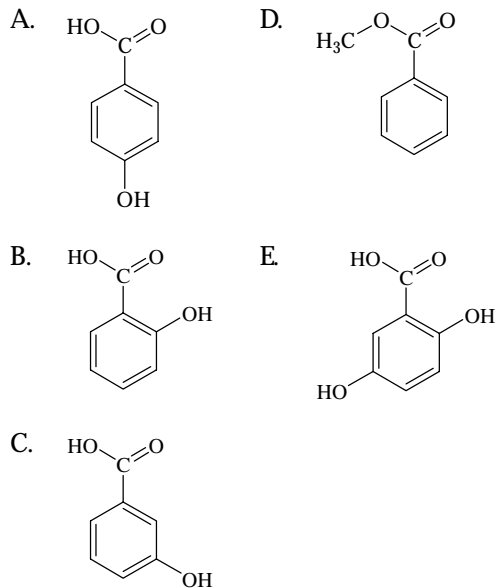
- asam 3,5–dinitrobenzoat
- asam 1,3–dinitrobenzoat
- 1,3–dinitro–5–karboksilbenzena
- 1,3,5–dinitrobenzoat
- 1,3–dinitrobenzilalkohol

- Anilin merupakan senyawa turunan benzena dengan rumus kimia ....

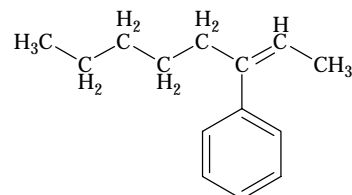


- Ebtanas 1999:**

Turunan benzena berikut yang disebut asam orto-hidroksibenzoat adalah ....



- Senyawa aromatik berikut.

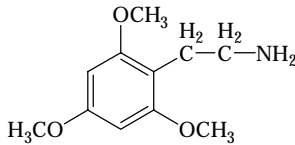


Menurut IUPAC diberi nama ....

- oktenilbenzena
- 3–fenil–2–oktena
- pentil benzilpropena

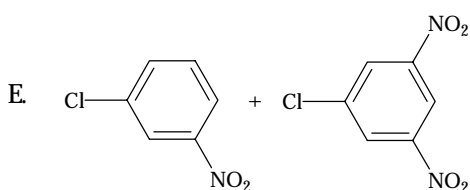
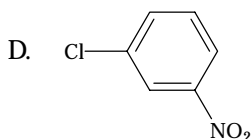
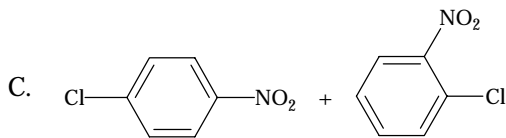
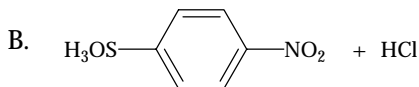
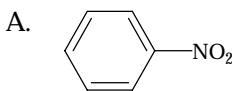
- D. isooktenilbenzena  
E. benziloktena

10. Meskalina adalah salah satu obat penenang, dengan struktur sebagai berikut.

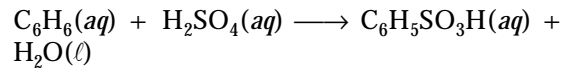


Senyawa ini tergolong turunan benzena dari ....

- A. karboksilat                      D. keton  
B. alkohol                          E. eter  
C. aldehyd
11. Jumlah isomer dari dinitrobenzena adalah ....  
A. 1                                      D. 4  
B. 2                                      E. 6  
C. 3
12. Jika benzena dinitrasi dengan menggunakan campuran  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat, spesi yang mula-mula menyerang molekul benzena adalah ....  
A.  $\text{NO}_3^-$                               D.  $\text{HNO}_3$   
B.  $\text{NO}_2^+$                               E.  $\text{HSO}_4^-$   
C.  $\text{NO}_2^-$
13. Jenis reaksi benzena dengan  $\text{HNO}_3$  dalam asam sulfat pekat adalah ....  
A. eliminasi                          D. oksidasi  
B. substitusi                          E. esterifikasi  
C. adisi
14. **GRE Test 2000:**  
Nitrasi klorobenzena ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{-Cl}$ ) oleh campuran  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  menghasilkan produk utama ....

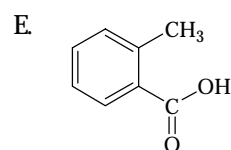
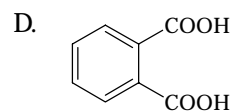
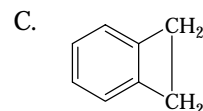
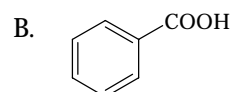
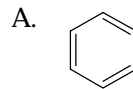


15. Benzena direaksikan dengan asam sulfat pada kondisi tertentu menurut persamaan berikut.

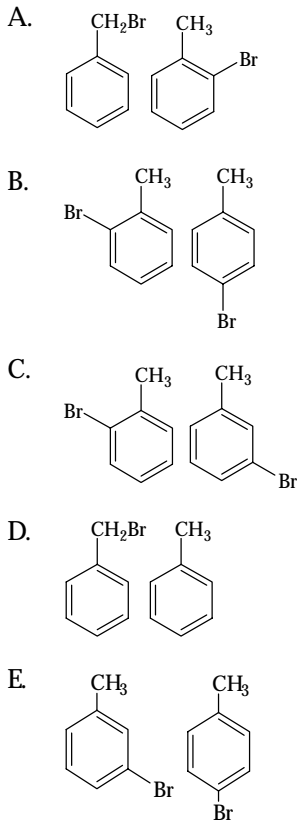


Pada reaksi ini, asam sulfat bertindak sebagai ....

- A. zat pendehidrasi  
B. oksidator  
C. suatu asam kuat  
D. zat pengadisi  
E. zat pensubstitusi
16. Jika gas klorin dialirkan ke dalam toluena yang mendidih, akan dihasilkan ....  
A. benzil klorida  
B. fenil klorida  
C. *o*-klorotoluena  
D. *p*-klorotoluena  
E. *m*-klorotoluena
17. Di antara pereaksi berikut yang dapat digunakan untuk mengoksidasi metilbenzena menjadi asam benzoat adalah ....  
A. gas klorin  
B. larutan  $\text{I}_2$  dan  $\text{NaOH}$  dalam air  
C. campuran  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat dan  $\text{HNO}_3$  pekat  
D. larutan  $\text{KMnO}_4$  dalam basa  
E. larutan  $\text{H}_2\text{O}_2$
18. Hasil reaksi antara fenilmetanol ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{OH}$ ) dan etanoil klorida ( $\text{CH}_3\text{COCl}$ ) adalah ....  
A.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OCOCH}_3$   
B.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_3$   
C.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl}$   
D.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{COCl}$   
E.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OCOCH}_3$
19. Senyawa 1,2-dimetilbenzena direaksikan dengan larutan  $\text{KMnO}_4$  panas dalam suasana basa. Kemudian, hasil reaksi diolah dengan larutan asam. Produk yang dihasilkan adalah ....



20. Jika metilbenzena direaksikan dengan bromin dengan bantuan katalis, terbentuk dua isomer dari senyawa monobromobenzena, yaitu ....

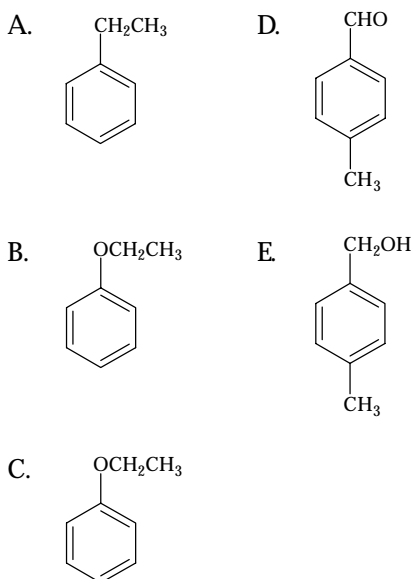


21. **UMPTN 1999/A:**

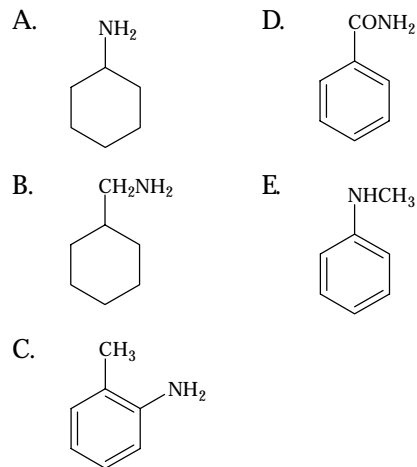
Oksidasi sempurna senyawa toluena akan menghasilkan ....

- A. fenol                      D. anilin  
 B. benzaldehida          E. asam benzoat  
 C. nitrobenzena

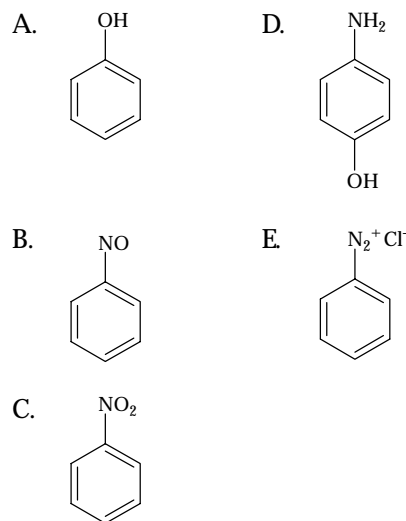
22. Di antara zat berikut yang akan membentuk asam benzoat jika dioksidasi adalah ....



23. Di antara senyawa berikut yang dapat digunakan untuk membuat garam diazonium jika direaksikan dengan  $\text{HNO}_2$  pada  $5^\circ\text{C}$  adalah ....



24. Jika fenilamina diolah dengan larutan  $\text{NaNO}_2$  dalam air bersama  $\text{HCl}$  pada  $0^\circ\text{C}$ , kemudian dipanaskan hingga  $60^\circ\text{C}$ , produk yang dihasilkan adalah ....



25. Senyawa turunan benzena berikut yang dapat bereaksi dengan basa membentuk garam adalah ....

- A. klorobenzena  
 B. fenol  
 C. nitrobenzena  
 D. anilin  
 E. bromobenzena

26. Senyawa berikut yang tergolong pemanis makanan yang diizinkan oleh Depkes adalah ....

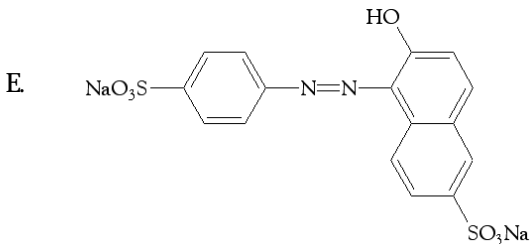
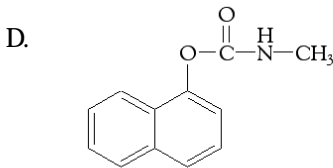
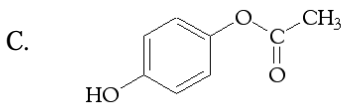
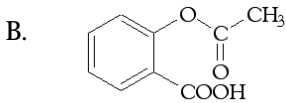
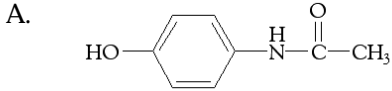
- A. indigotin                  D. sakarin  
 B. kumarin                  E. kafein  
 C. metionin

27. Zat aditif berikut digunakan sebagai pengawet makanan dan berperan sebagai antioksidan, *kecuali* ....

- A. BHT                          D. asam benzoat  
 B. BHA                          E. paraben  
 C. propilgalat

28. Nama sistematis (IUPAC) dari propilgalat sebagai pengawet makanan adalah ....
- asam 3,4,5-trihidroksi benzoat
  - asam 3,4,5-trihidroksi-1-propil benzoat
  - asam polihidroksibenzoat
  - 1-propil-3,4,5-trihidroksibenzoat
  - asam 3,4,5-trihidroksibenzoat *n*-propil ester

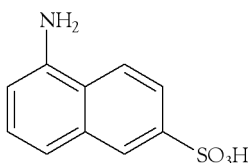
29. Parasetamol banyak digunakan sebagai obat penurun panas, memiliki rumus struktur ....



30. Pewarna tekstil yang berwarna biru adalah ....
- brom timol biru
  - asam 4'-dimetilaminoazobenzena-4-sulfonat
  - ftalosianin
  - indigotin
  - p*-hidroksiazobenzena

31. Senyawa berikut yang *bukan* insektisida adalah ....
- DDT
  - sevin
  - paration
  - baygon*
  - 2,4,5-T

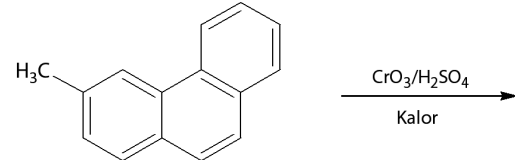
32. Nama umum dari senyawa berikut adalah asam 1,6-cleve digunakan sebagai zat warna tekstil.



Nama yang tepat menurut IUPAC adalah ....

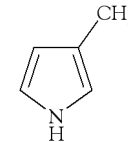
- 1-amino-6-sulfonaftalena
- 2-sulfon-5-aminonafelena
- 8-amino-3-sulfonaftalena
- 5-aminonafelenasulfonat
- 6-sulfonaftalenamino

33. Produk utama yang diperoleh jika senyawa fenantrena berikut dioksidasi dalam suasana asam adalah ....



- 3-metil-9,10-fenankuion
- 5-metil-9-fenankrolin
- 3-metil-9,10-dihidroksifenankrena
- asam 3-fenankroat
- fenankradelida

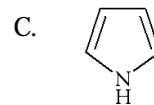
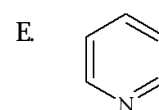
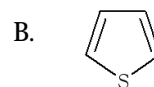
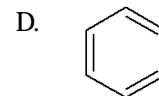
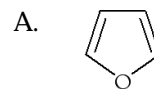
34. Senyawa heterosiklik berikut.



Menurut IUPAC diberi nama ....

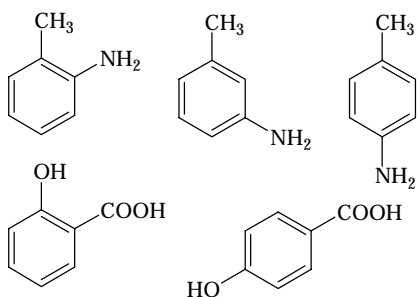
- 3-metilfuran
- 3-metiltofena
- 3-metilpirola
- 4-metilpirola
- metilfiranosa

35. Senyawa berikut yang merupakan basa paling kuat adalah ....

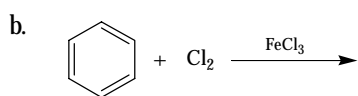
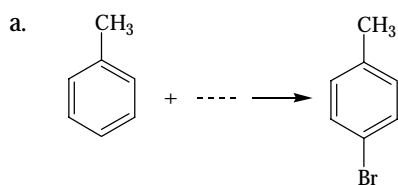


**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.**

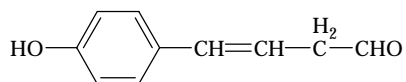
1. Tuliskan nama senyawa berikut menggunakan kata depan *orto-*, *meta-*, *para-*, dengan aturan IUPAC.



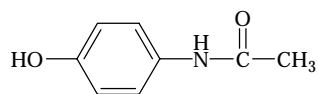
2. Lengkapi dan setarakan persamaan berikut. Dengan catatan, setiap reaksi menggunakan katalis.



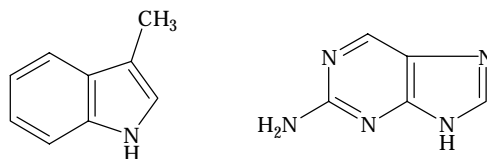
3. Berdasarkan pemahamanmu tentang reaksi gugus fungsi, perkirakan reaksi senyawa berikut dengan (a) air brom, (b) natrium.



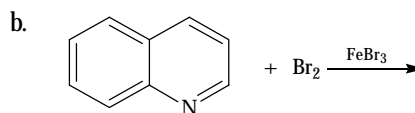
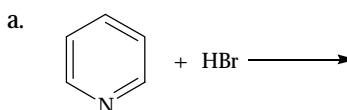
4. Obat panadol mempunyai struktur molekul sebagai berikut.



- a. Apakah nama kimia panadol menurut IUPAC?  
b. Termasuk gugus fungsional apakah panadol itu?
5. Tuliskan nama senyawa berikut berdasarkan sistem IUPAC.



6. Ramalkan produk utama dari reaksi berikut.



# Bab 8



Sumber: [www.canamplastics.com](http://www.canamplastics.com)

Plastik terbuat dari makromolekul polimer.

## Makromolekul

### Hasil yang harus Anda capai:

memahami senyawa organik dan reaksinya, benzena dan turunannya, dan makromolekul.

### Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

mendeskripsikan struktur, tata nama, penggolongan, sifat dan kegunaan makromolekul (polimer, karbohidrat, dan protein).

Anda tentu telah mengenal merk-merk produk, seperti nilon, teflon, dan plastik. Semua itu merupakan bahan sintesis yang tersusun dari senyawa makromolekul. Adapun pati, struktur genetik DNA, protein, karet alam, dan karbohidrat adalah senyawa makromolekul alami.

Makromolekul adalah senyawa yang memiliki ukuran sangat besar, dapat berupa siklik (cincin), rantai, atau gabungan siklik dan rantai. Senyawa yang tergolong makromolekul adalah polimer dan biomolekul (karbohidrat dan protein). Polimer diartikan sebagai senyawa yang memiliki massa molekul besar membentuk rantai dengan satuan berulang. Bagaimanakah struktur, penggolongan, dan sifat dari senyawa makromolekul itu? Anda akan mengetahuinya setelah mempelajari bab ini.

- A. Polimer
- B. Karbohidrat
- C. Protein

## Tes Kompetensi Awal

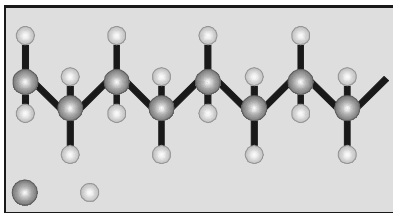
1. Apakah yang dimaksud dengan monomer?
2. Karbohidrat mengandung gugus aldehid. Jelaskan oleh Anda salah satu cara mengidentifikasi karbohidrat.
3. Mengapa polimer, karbohidrat, dan protein digolongkan ke dalam senyawa makromolekul?

## A. Polimer

Polimer didefinisikan sebagai *senyawa yang memiliki massa molekul besar dengan struktur berupa rantai, tersusun atas monomer yang berulang*. Ada dua jenis polimer berdasarkan sifatnya, yaitu *polimer termoset* dan *termoplastik*.

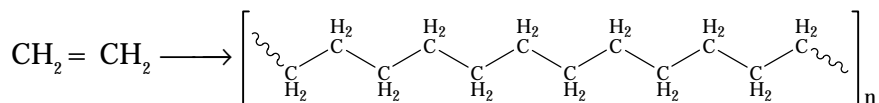
### 1. Bentuk Polimer

Polimer dibentuk melalui ikatan antarmonomer secara berulang, yang memiliki massa molekul kecil. Misalnya polietilena, dibentuk melalui polimerisasi molekul etilena.



Gambar 8.1

Setiap atom C dalam polimer rantai lurus mempunyai geometri tetrahedral.

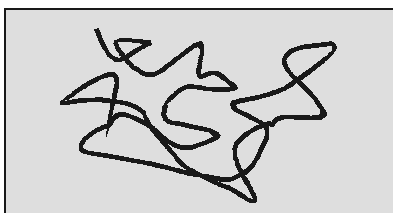


Etilena (etena)

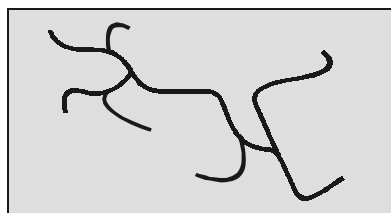
Polietilena

Polietilena adalah polimer rantai lurus karena membentuk ikatan karbon-karbon yang memanjang. Akibat pertumbuhan rantai, polimer dapat berlipat secara acak (**Gambar 8.2a**) atau bercabang (**Gambar 8.2b**).

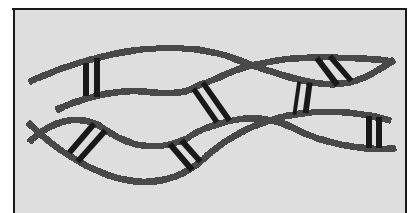
Polimer yang berikatan silang dapat menghubungkan antarrantai polimer. Polimer yang berikatan silang antarrantai polimer bersifat lebih plastis. (**Gambar 8.2c**)



(a)



(b)



(c)

Gambar 8.2

- (a) Polimer rantai lurus dengan lipatan secara acak
- (b) Polimer dengan rantai bercabang
- (c) Polimer yang berikatan silang di antara rantai polimer

Polimer plastis terdapat pada vulkanisasi karet akibat dari pemasangan rantai-rantai pendek dari atom belerang yang mengikat rantai polimer pada karet alam. Jika jumlah ikatan silang relatif besar, polimer menjadi lebih tegar.

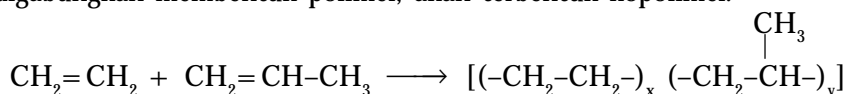
*Bentuk polimer lurus dan bercabang digolongkan sebagai polimer termoplastik*. Polimer ini meleleh jika dipanaskan dan dapat dimodelkan ke dalam berbagai bentuk, dan bentuknya dapat dipertahankan jika didinginkan.

*Ikatan silang yang banyak dan kuat akan menghasilkan polimer termoset*. Sekali ikatan silang dibentuk, polimer ini akan mengambil bentuk yang tidak dapat diubah lagi jika sifat plastisnya tidak dirombak secara kimia.

## 2. Homopolimer dan Kopolimer

Homopolimer adalah *polimer yang tersusun dari monomer yang sama (tunggal)*. Adapun kopolimer adalah *polimer yang dibentuk oleh lebih dari satu jenis monomer*.

Polietilen adalah contoh homopolimer, dibentuk hanya dari monomer etilena. Jika etilena ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ) dan propilena ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ ) digabungkan membentuk polimer, akan terbentuk kopolimer.



Kopolimer dapat digolongkan kembali berdasarkan pada cara monomer disusun sepanjang rantai polimer. Ada *kopolimer blok*, ada juga *kopolimer cangkok* baik *random* maupun *teratur*, seperti ditunjukkan pada **Gambar 8.3**.

Kopolimer random mengandung satuan berulang secara acak. Kopolimer teratur mengandung satuan berulang yang bergantian secara teratur. Kopolimer blok terjadi dalam blok-blok tertentu dengan panjang berbeda. Kopolimer cangkok mempunyai rantai satu satuan berulang yang dicangkokkan pada rantai utama polimer lain.

## 3. Pembentukan Polimer

**Carothers**, pakar kimia USA menggolongkan mekanisme polimerisasi ke dalam dua golongan, yaitu polimerisasi adisi dan polimerisasi kondensasi.

Polimerisasi adisi *melibatkan reaksi rantai*. *Penyebab reaksi rantai dapat berupa radikal bebas atau ion*. *Polimerisasi adisi terjadi pada senyawa yang memiliki ikatan rangkap*, seperti etena.

Polimerisasi kondensasi adalah *reaksi dua molekul bergugus fungsi lebih dari satu menghasilkan molekul besar dengan gugus fungsi yang juga lebih dari satu diikuti penyingkiran molekul kecil*.

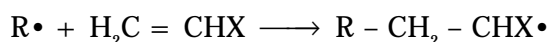
### a. Polimerisasi Adisi

Polimerisasi adisi terjadi dalam tiga tahap, yaitu *pemicuan*, *perambatan*, dan *pengakhiran*. Oleh karena pembawa rantai dapat berupa ion atau radikal bebas maka polimerisasi adisi digolongkan ke dalam *polimerisasi radikal bebas* dan *polimerisasi ion*.

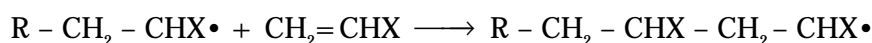
#### 1) Radikal Bebas

Radikal bebas biasanya dibentuk melalui penguraian zat kurang stabil dengan energi tertentu. Radikal bebas menjadi pemicu pada polimerisasi. Zat pemicu berupa senyawa peroksida, seperti dibenzoil peroksida dan azodiisobutironitril.

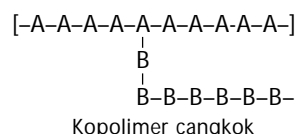
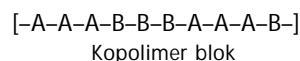
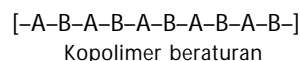
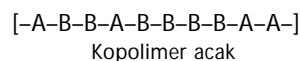
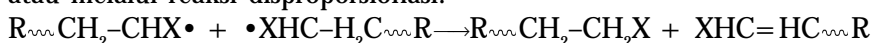
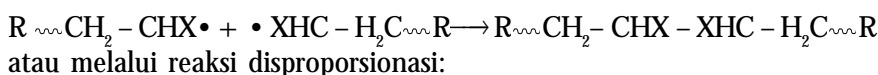
Jika radikal bebas dinyatakan dengan  $\text{R}\cdot$  dan molekul monomer dinyatakan dengan  $\text{CH}_2=\text{CHX}$  maka tahap pemicuan dapat digambarkan sebagai berikut.



Tahap perambatan adalah perpanjangan (*elongasi*) radikal bebas yang terbentuk pada tahap pemicuan dengan monomer-monomer lain:



Tahap pengakhiran dapat terjadi dengan cara berikut.

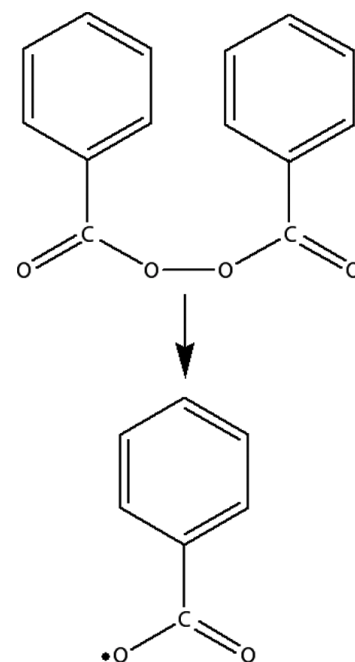


**Gambar 8.3**

Beberapa model kopolimer

## Kata Kunci

- Monomer
- Polimer termoset
- Polimer termoplastik
- Homopolimer
- Kopolimer
- Polimerisasi adisi
- Polimerisasi kondensasi



**Gambar 8.4**

Dibenzoil peroksida mudah menjadi radikal bebas.





Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

Gambar 8.5

Pada kemasan plastik biasanya terdapat simbol di bagian bawahnya, simbol tersebut menunjukkan komposisi polimernya.

## Sekilas Kimia



### Nilon

Nilon merupakan suatu jenis polimer sintetik yang diciptakan pada 1935 oleh Wallace Carothers di DuPont. Produk pertama adalah sikat gigi berbulu nilon (1938), dilanjutkan dengan stoking untuk wanita pada 1940.

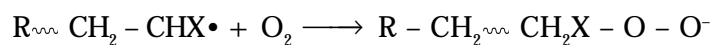
Nilon tersusun atas monomer yang dihubungkan dengan ikatan peptida (ikatan amida) dan sering diistilahkan dengan *poliamida* (PA). Nilon merupakan polimer pertama yang sukses secara komersial dan merupakan serat sintetik pertama yang dibuat seluruhnya dari bahan anorganik (batu bara, air, dan udara).

Nilon digunakan sebagai bahan parasut setelah Amerika Serikat memasuki Perang Dunia II (1941). Oleh karenanya, stoking sulit diperoleh hingga Perang Dunia II berakhir.

Laju polimerisasi dapat dikendalikan dengan menggunakan zat penghambat (*inhibitor*) dan pelambat (*retarder*). Penghambat bereaksi dengan radikal bebas ketika radikal bebas terbentuk. Polimerisasi tidak akan berlanjut sebelum seluruh zat penghambat habis terpakai.

Kuinon dapat bertindak sebagai zat penghambat bagi banyak sistem polimerisasi sebab kuinon bereaksi dengan radikal bebas menghasilkan radikal yang mantap akibat resonansi. Radikal bebas yang mantap ini tidak dapat memicu polimerisasi lebih lanjut.

Zat pelambat yang biasa digunakan adalah gas oksigen. Gas ini kurang reaktif dibandingkan dengan penghambat. Cara kerja zat pelambat adalah melalui persaingan dengan monomer untuk bereaksi dengan radikal bebas sehingga laju polimerisasi menurun. Persamaannya:



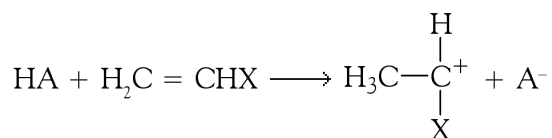
## 2) Polimerisasi Ionik

Polimerisasi adisi dapat terjadi melalui mekanisme yang tidak melibatkan radikal bebas. Dalam hal ini, pembawa rantai dapat berupa ion karbonium (polimerisasi kation) atau ion karbanion (polimerisasi anion).

Dalam *polimerisasi kation*, monomer pembawa rantai adalah ion karbonium. Katalis untuk reaksi ini adalah asam Lewis, seperti  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{TiCl}_4$ ,  $\text{SnCl}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , dan asam kuat lainnya.

Polimerisasi radikal bebas memerlukan energi atau suhu tinggi, sebaliknya polimerisasi kation paling baik dilakukan pada suhu rendah. Misalnya, polimerisasi 2-metilpropena berlangsung optimum pada  $-100^\circ\text{C}$  dengan adanya katalis  $\text{BF}_3$  atau  $\text{AlCl}_3$ .

Polimerisasi kation terjadi pada monomer yang memiliki gugus yang mudah melepaskan elektron. Dalam polimerisasi yang dikatalis oleh asam, tahap pemicuan dapat digambarkan sebagai berikut.

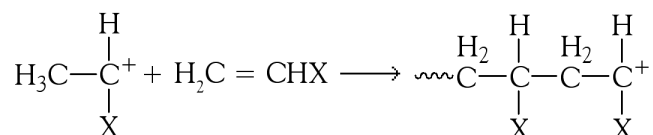


HA adalah molekul asam, seperti  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , dan  $\text{HClO}_4$ . Pada tahap pemicuan, proton dialihkan dari asam ke monomer sehingga menghasilkan ion karbonium ( $\text{C}^+$ ).

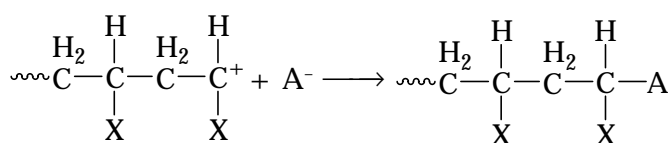
Tabel 8.1 Beberapa Singkatan Polimer

Nomor	Singkatan	Polimer
1	PET	<i>Polyethyleneterephthalate</i>
2	HDPE	<i>High density polyethylene</i>
3	PVC	<i>Polyvinyl chloride</i>
4	LDPE	<i>Low density polyethylene</i>
5	PP	<i>Polypropylene</i>
6	PS	<i>Polystyrene</i>

Perambatan berupa adisi monomer terhadap ion karbonium, prosesnya hampir sama dengan perambatan pada radikal bebas.



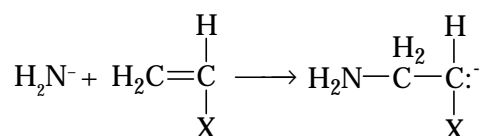
Pengakhiran rantai dapat terjadi melalui berbagai proses. Proses paling sederhana adalah penggabungan ion karbonium dan anion pasangannya (disebut ion lawan).



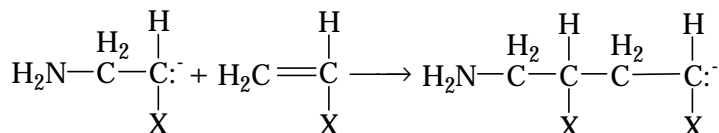
Dalam *polimerisasi anion*, monomer pembawa rantai adalah suatu karbanion ( $\text{C}^-$ ). Dalam hal ini, monomer pembawa rantai adalah yang memiliki gugus dengan keelektronegatifan tinggi, seperti propenitril (akrilonitril), 2-metilpropenoat (metil metakrilat), dan feniletena (stirena).

Seperti polimerisasi kation, reaksi polimerisasi anion optimum pada suhu rendah. Katalis yang dapat dipakai adalah logam alkali, alkil, aril, dan amida logam alkali.

Contohnya adalah kalium amida ( $\text{KNH}_2$ ) yang dalam pelarut amonia cair dapat mempercepat polimerisasi monomer  $\text{CH}_2=\text{CHX}$  dalam amonia. Kalium amida akan terionisasi kuat sehingga pemicuan dapat berlangsung seperti berikut.



Perambatan merupakan adisi monomer pada karbanion yang dihasilkan, yaitu:

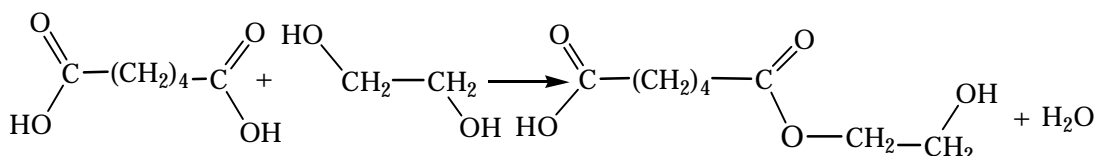


Proses pengakhiran pada polimerisasi anion tidak begitu jelas seperti pada polimerisasi kation sebab penggabungan rantai anion dengan ion lawan ( $\text{K}^+$ ) tidak terjadi. Namun demikian, jika terdapat sedikit air, karbon dioksida, atau alkohol akan mengakhiri pertumbuhan rantai.

## b. Polimerisasi Kondensasi

Polimerisasi kondensasi melibatkan penggabungan molekul kecil membentuk molekul besar melalui reaksi kondensasi. Jika etanol dan asam asetat dipanaskan dengan sedikit asam sulfat pekat, akan terbentuk ester etil asetat disertai penyingkiran molekul air. Reaksi esterifikasi akan berhenti, sebab tidak ada gugus fungsi lagi yang dapat membentuk polimer.

Namun demikian, jika setiap molekul pereaksi mengandung dua atau lebih gugus fungsional maka reaksi berikutnya boleh jadi terbentuk. Misalnya, reaksi antara dua monomer asam heksanadioat (asam adipat) dan etana-1,2-diol (etilen glikol).



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

Gambar 8.6

Petugas pemadam kebakaran selalu memakai pakaian tahan api yang terbuat dari polimer.

## Kata Kunci

- Laju polimerisasi
- Polimerisasi radikal bebas
- Polimerisasi ionik

Dapat dilihat bahwa hasil reaksi masih mengandung dua gugus fungsional. Oleh karenanya, reaksi berikutnya dengan monomer dapat terjadi, baik pada ujung hidroksil maupun pada ujung karboksil.

Polimer yang terbentuk mengandung satuan berulang  $(-\text{OCH}_2-\text{CH}_2-\text{OOHCH}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}-)$ . Massa molekul bertambah secara bertahap dan waktu reaksi sangat lama jika diharapkan massa molekul polimer yang terbentuk sangat besar. Jadi, polimerisasi kondensasi berbeda dengan polimerisasi adisi.

Pada polimerisasi kondensasi tidak terjadi pengakhiran. Polimerisasi berlangsung terus sampai tidak ada lagi gugus fungsi yang dapat membentuk polimer. Namun demikian, reaksi polimerisasi dapat dikendalikan dengan mengubah suhu. Misalnya, reaksi dapat dihentikan dengan cara didinginkan, tetapi polimerisasi dapat mulai lagi jika suhu dinaikkan.

Cara menghentikan reaksi yang lebih kekal adalah dengan menggunakan *penghentian ujung*. Misalnya, penambahan sedikit asam asetat pada reaksi pertumbuhan polimer. Oleh karena asam asetat bergugus fungsional tunggal, sekali asam itu bereaksi dengan ujung rantai yang sedang tumbuh maka tidak akan terjadi lagi reaksi lebih lanjut. Jadi, polimerisasi yang sedang berlangsung dapat dikendalikan.

### Kegiatan Inkuiri

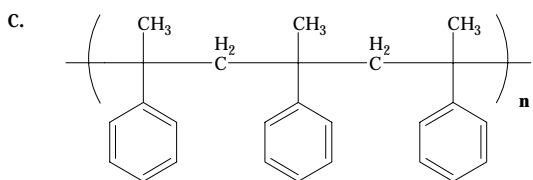
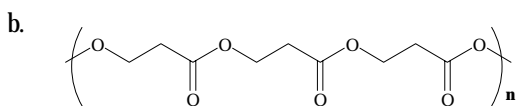
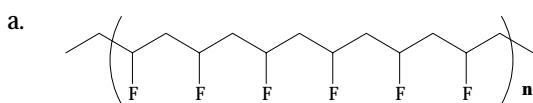


Tuliskan persamaan reaksi untuk menghentikan pertumbuhan polimer dari reaksi asam adipat dan etilen glikol menggunakan asam asetat. Selain dengan asam asetat, senyawa apa lagi yang dapat digunakan?

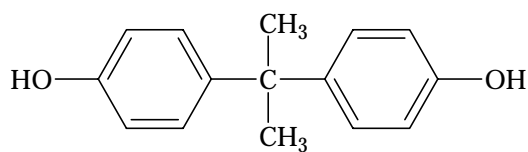
### Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

- Ada dua jenis polietilen, yaitu polietilen massa jenis tinggi ( $0,94 \text{ g cm}^{-3}$ , polimer linear) dan polietilen kerapatan rendah ( $0,92 \text{ g cm}^{-3}$ , polimer bercabang dengan rantai samping pendek). Bagaimana struktur dari kedua polimer ini? Jelaskan.
- Monomer apa yang digunakan untuk membuat polimer berikut? Sebutkan jenis polimerisasinya?



- Polikarbonat merupakan polimer termoplastik yang digunakan dalam lensa kaca mata plastik. Polikarbonat dibuat dari reaksi bisfenol (BPA) dan fosgen ( $\text{COCl}_2$ ). Persamaan reaksinya:

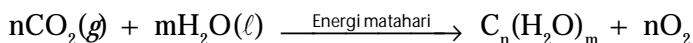


Fenol digunakan untuk menghentikan pertumbuhan polimer.

- Gambarkan struktur rantai polikarbonat yang terbentuk dari reaksi di atas.
- Sebutkan jenis polimerisasinya: adisi atau kondensasi?

## B. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan makromolekul yang paling banyak ditemukan di alam dengan rumus umum  $C_n(H_2O)_m$ . Karbohidrat terbentuk pada proses fotosintesis dengan bantuan energi matahari.



Pengubahan energi matahari menjadi energi kimia dalam biomolekul menjadikan karbohidrat sebagai sumber utama energi metabolit untuk organisme hidup. Karbohidrat didefinisikan sebagai *senyawa polihidroksi-aldehid atau polihidroksi-ke-ton dan turunannya*. Karbohidrat digolongkan ke dalam monosakarida, oligosakarida, dan polisakarida.

### 1. Monosakarida

*Monosakarida merupakan sakarida paling sederhana yang tidak dapat diuraikan lagi menjadi molekul lebih sederhana secara hidrolisis.* Monosakarida paling sederhana adalah gliseraldehida (suatu aldosa) dan isomernya adalah dihidroksiaseton (suatu ketosa).

Suatu monosakarida tidak hanya dibedakan berdasarkan gugus fungsinya, tetapi juga dapat dibedakan dari jumlah atom karbonnya. Berdasarkan gugus fungsi, monosakarida yang mengandung gugus aldehid disebut aldosa (*aldehid dan -osa*), sedangkan monosakarida yang mengandung gugus keton disebut ketosa (*keton dan -osa*).

Berdasarkan jumlah atom karbon, monosakarida digolongkan ke dalam *tri-*, *tetra-*, *penta-*, dan *heksa-*. Contohnya adalah triosa, suatu monosakarida dengan tiga atom karbon.

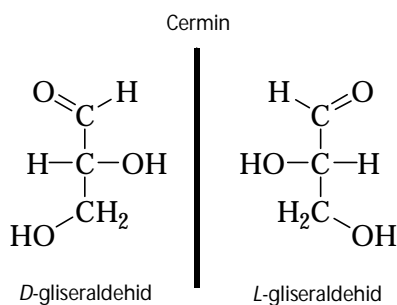
Semua monosakarida lain dianggap sebagai turunan dari triosa, khususnya *D*-gliseraldehida.



Sumber: Botany, 1997

Gambar 8.7

Proses fotosintesis yang terjadi pada daun menghasilkan karbohidrat.

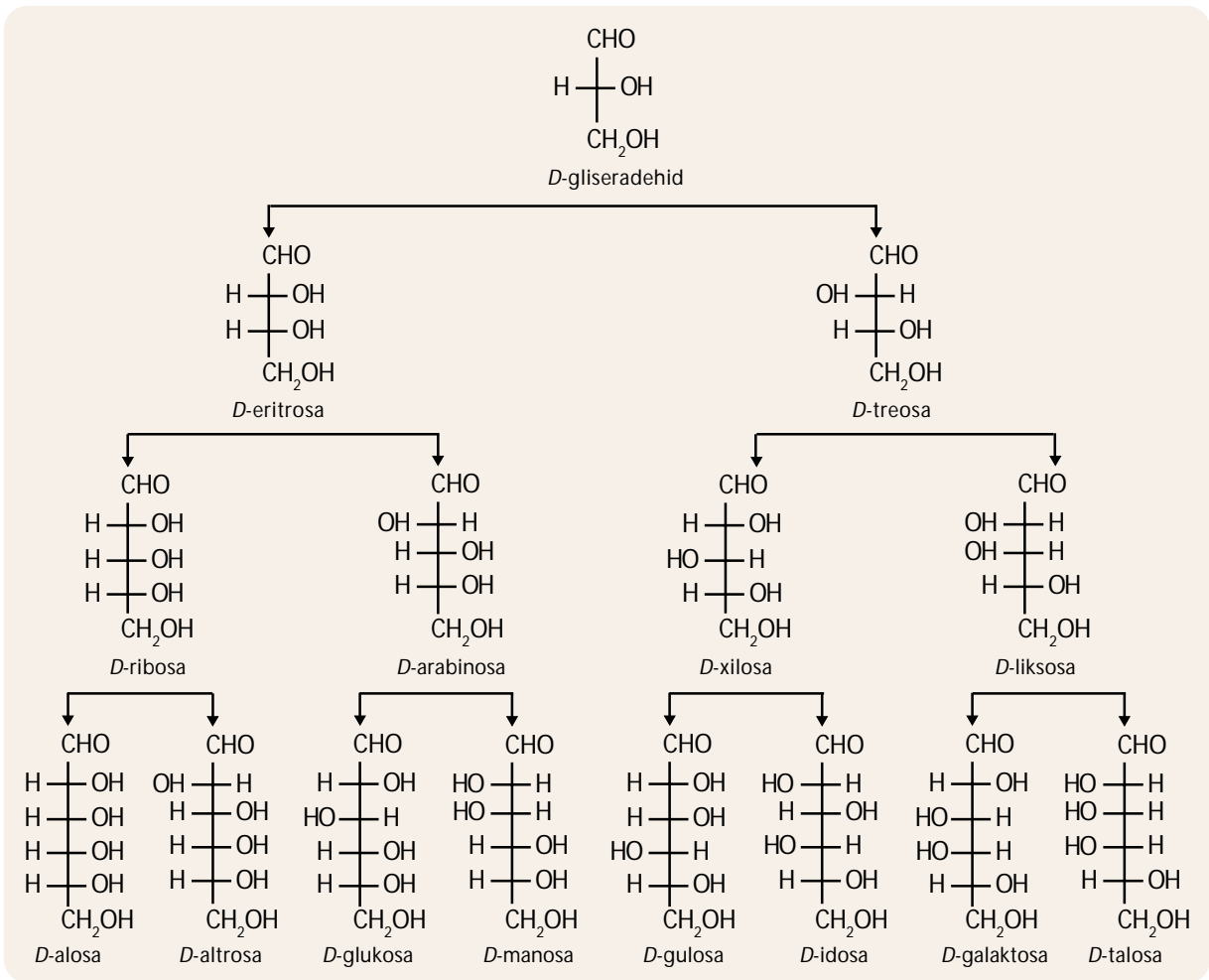


### Kata Kunci

- Polihidroksi aldehid
- Polihidroksi keton

Beberapa monosakarida ditunjukkan berdasarkan jumlah atom karbon, seperti berikut ini.

- Treosa dan eritrosa merupakan suatu tetrosa.
- Ribosa, arabinosa, xilosa, dan liksosa merupakan suatu pentosa.
- Glukosa, manosa, galaktosa, dan fruktosa merupakan suatu heksosa.

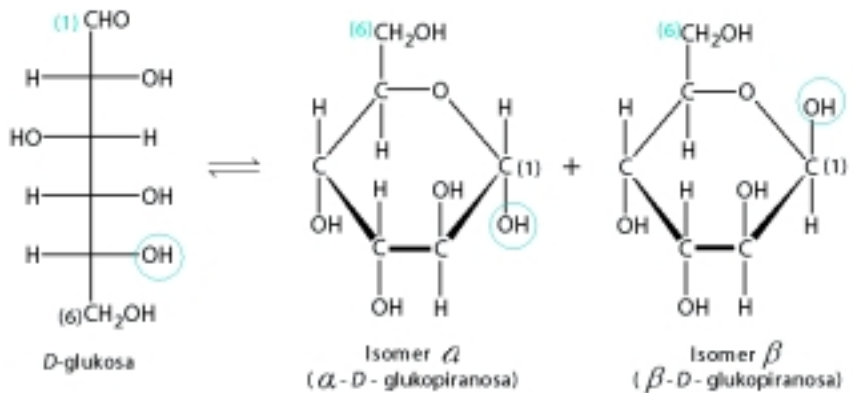


**Gambar 8.8**  
 Penggolongan monosakarida berdasarkan jumlah atom karbonnya

Struktur molekul monosakarida ditulis berdasarkan pengajuan dari **Emil Fischer**. Kerangka karbon digambarkan secara siklik. Gugus aldehid atau keton diarahkan ke atas dan gugus -OH terakhir diarahkan ke bawah atau ke atas.

Suatu aldosa seperti glukosa membentuk cincin piranosa lingkaran enam. Adapun ketosa seperti fruktosa membentuk cincin furanosa lingkaran lima.

**Gambar 8.9**  
 Glukosa membentuk cincin enam glukopiranos. Dua isomer berbeda pada gugus -OH yang terikat pada atom C<sub>1</sub>.



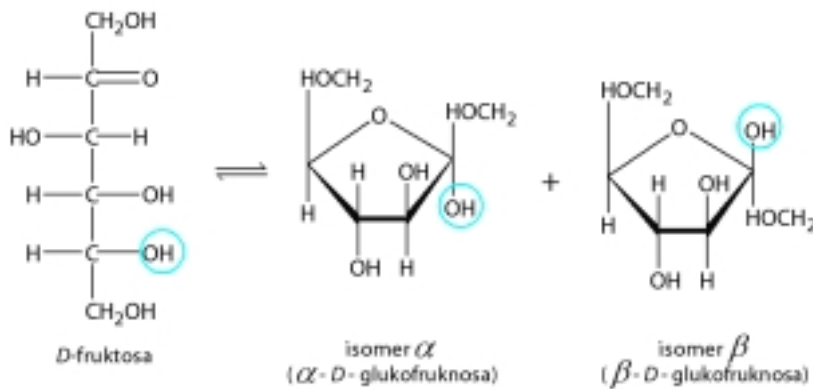
Pada struktur linear, gugus -OH dituliskan ke arah kanan untuk *D*-isomer atau ke arah kiri untuk *L*-isomer. Kedua isomer tersebut dikenal

sebagai bentuk alfa (*a*) dan bentuk beta (*b*). Keduanya berbeda pada atom karbon pertama ( $C_1$ ) dalam hal posisi gugus  $-OH$ .

Glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) dinamakan juga dekstrosa adalah komponen dari polisakarida seperti selulosa, pati, dan glikogen. Dalam medis, glukosa sering disebut gula darah sebab glukosa diketahui dalam aliran darah cukup melimpah.

Darah manusia normal mengandung sekitar  $1\text{ g L}^{-1}$ . Orang yang berpenyakit diabetes tidak dapat mengasimilasi dan mengeliminasi glukosa melalui ginjal. Jika dalam 100 mL urine terdapat sekitar 8 – 10 g glukosa maka dapat diduga orang itu berpenyakit diabetes.

Kata Kunci	
•	Mutarotasi
•	Ikatan glikosida



**Gambar 8.10**

Fruktosa melangsungkan reaksi reversibel menghasilkan bentuk isomer *a* dan isomer *b* dari cincin lima fruktofuranosa.

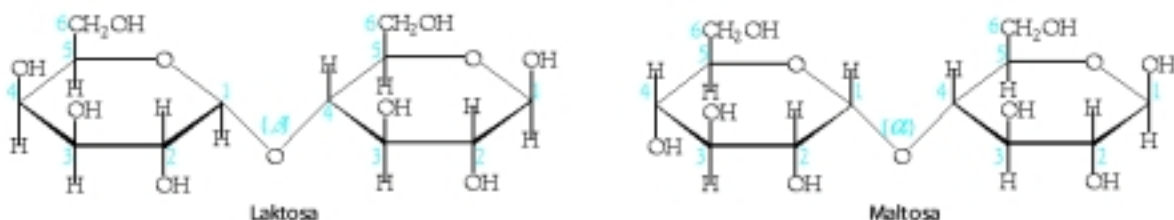
Fruktosa disebut juga levulosa atau gula buah, memiliki rumus molekul sama seperti glukosa, tetapi mengandung keton sebagai gugus fungsionalnya. Fruktosa yang terdapat pada buah-buahan dan madu merupakan monosakarida, ditemukan menyatu dengan glukosa dalam bentuk disakarida. Di antara semua sakarida, fruktosa paling manis. Fruktosa dua kali lebih manis dibandingkan dengan sukrosa dengan berat yang sama.

Jika suatu sakarida dilarutkan dalam air, akan terjadi peristiwa yang disebut *mutarotasi*, yaitu rotasi optik dengan nilai yang khas untuk setiap sakarida. Peristiwa mutarotasi disebabkan perubahan bentuk dari isomer *a* menjadi isomer *b* atau sebaliknya.

## 2. Oligosakarida dan Polisakarida

Dua atau lebih monosakarida bergabung membentuk suatu senyawa dinamakan oligosakarida. Jumlah maksimum monomer yang tergolong oligosakarida tidak pasti, tetapi umumnya sampai delapan monomer.

Disakarida terdiri atas dua monosakarida. Ikatan yang menghubungkan kedua monosakarida itu disebut *ikatan glikosida*, dibentuk dengan cara kondensasi gugus hidroksil pada atom karbon nomor satu dengan gugus hidroksil dari salah satu atom karbon nomor 2, 4, atau 6 pada monosakarida yang lain.



## Catatan

Saat ini *kitosan* sedang diuji kegunaannya sebagai pengawet pada makanan, pengganti formalin yang berpotensi sebagai racun.

*Nowadays, useful of kitosan has been testing as preservative for the food, substitution of formalin, which has potentially as poison.*



## Mahir Menjawab

Hidrolisis suatu disakarida menghasilkan glukosa dan fruktosa. Disakarida tersebut adalah ....

- laktosa
- selulosa
- sukrosa
- galaktosa
- maltosa

### Pembahasan

Disakarida dan hasil reaksi hidrolisis:

- Sukrosa  $\xrightarrow{H_2O}$  glukosa + fruktosa
- Maltosa  $\xrightarrow{H_2O}$  glukosa + glukosa
- Laktosa  $\xrightarrow{H_2O}$  galaktosa + glukosa

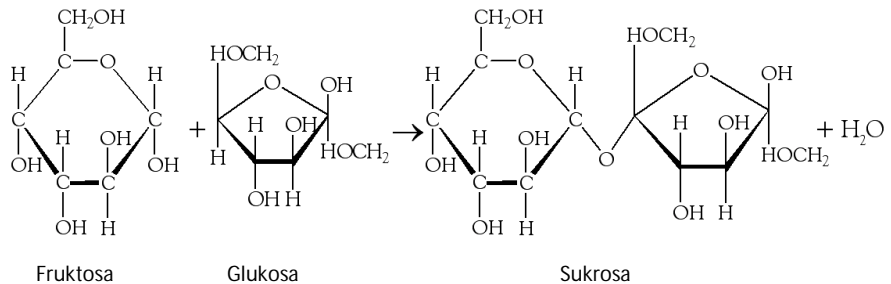
Jadi, disakarida tersebut adalah sukrosa. (C)

UNAS 2005–2006



Maltosa adalah disakarida yang dibangun dari dua glukosa. Dalam maltosa, jembatan oksigen terbentuk antara atom karbon nomor 1 dan atom karbon nomor 4 dari *D*-glukosa lain. Ikatan yang terbentuk dinamakan ikatan 1 → 4 glikosida.

Fruktosa dan glukosa juga dapat membentuk suatu disakarida, dinamakan sukrosa atau gula tebu. Adapun, laktosa terbentuk dari *D*-galaktosa dan *D*-glukosa.



Polisakarida terdiri atas rantai monosakarida. Polisakarida dapat digolongkan ke dalam dua kelompok besar secara fungsional, yaitu polisakarida struktural dan polisakarida nutrisi.

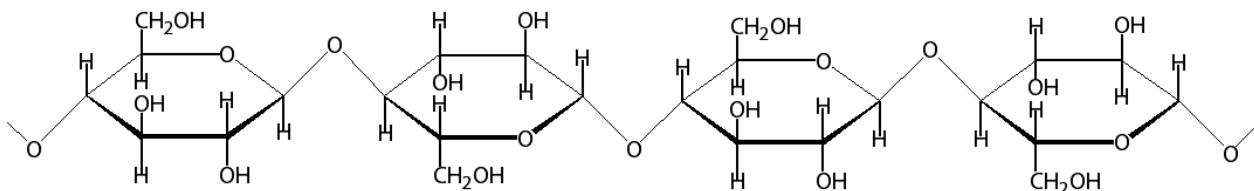
Polisakarida struktural berfungsi sebagai pembangun komponen organel sel dan sebagai unsur pendukung intrasel. Polisakarida yang termasuk golongan ini adalah selulosa (ditemukan dalam dinding sel tanaman), kitosan, kondroitin, dan asam hialuronat.

Polisakarida nutrisi berperan sebagai sumber cadangan monosakarida. Polisakarida yang termasuk golongan ini adalah paramilum, pati, dan glikogen.

### a. Selulosa

Selulosa merupakan polisakarida yang banyak dijumpai dalam dinding sel tanaman. Selulosa merupakan polimer tidak bercabang, terbentuk dari monomer *b*-*D*-glukosa melalui ikatan *b*(1 → 4) glikosida. Panjang rantai beragam, dari beberapa ratus sampai ribuan unit glukosa.

Dalam dinding sel tanaman, sejumlah besar selulosa bergabung membentuk rantai silang, serabut paralel, atau bundel yang merupakan rantai tersendiri.



Gambar 8.11

Struktur molekul selulosa, terdiri atas monomer *b*-*D*-glukosa melalui ikatan *b*-1,4-glikosida

### b. Glikogen

Glikogen adalah *homopolisakarida nutrisi bercabang* terdiri dari satuan glukosa berikatan 1 → 4 dan 1 → 6. Glikogen umumnya ditemukan dalam hampir semua sel hewan, juga protozoa dan bakteri. Pada manusia dan vertebrata, glikogen ditemukan dalam hati dan otot, yang merupakan karbohidrat cadangan.



Glikogen tersusun dari jutaan glikosil yang terikat dengan ikatan  $1 \rightarrow 4$  glikosida membentuk rantai panjang. Pada titik percabangan membentuk ikatan  $1 \rightarrow 6$ . Jadi, strukturnya menyerupai pohon.

### c. Pati (Amilum)

Pati adalah *polisakarida nutrisi yang ditemukan dalam sel tanaman dan beberapa mikroorganisme*. Dalam beberapa hal, pati memiliki kesamaan dengan glikogen (glikogen disebut pati hewan).

Pati selalu terdapat dalam sel tumbuhan berbentuk granula, bentuk ini berdiameter beberapa mikron. Granula pati mengandung campuran dari dua polisakarida berbeda, amilosa dan amilopektin.

Jumlah kedua polisakarida ini berbeda bergantung pada jenis pati. Pada kentang, jagung, dan tumbuhan lain yang banyak mengandung pati memiliki kandungan amilopektin 75–80% dan amilosa 20–25%.

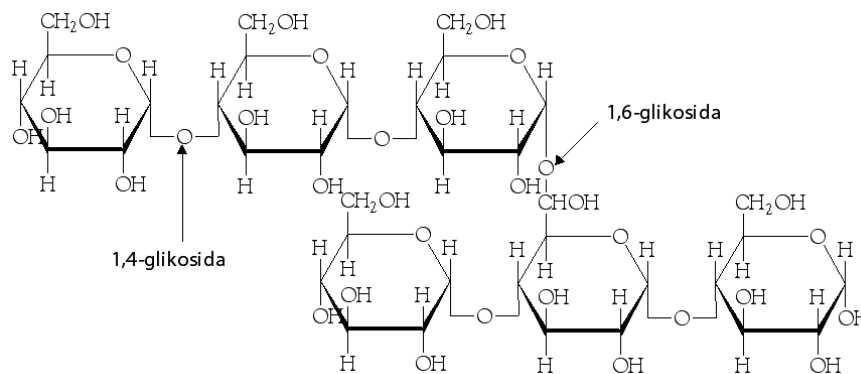
Komponen amilosa pati merupakan polisakarida tak bercabang terdiri atas glukosa dan ribuan satuan glikosil yang terikat pada 1,4- glikosida. Rantai polisakarida ini membentuk untai heliks. Perhatikan **Gambar 8.13**.



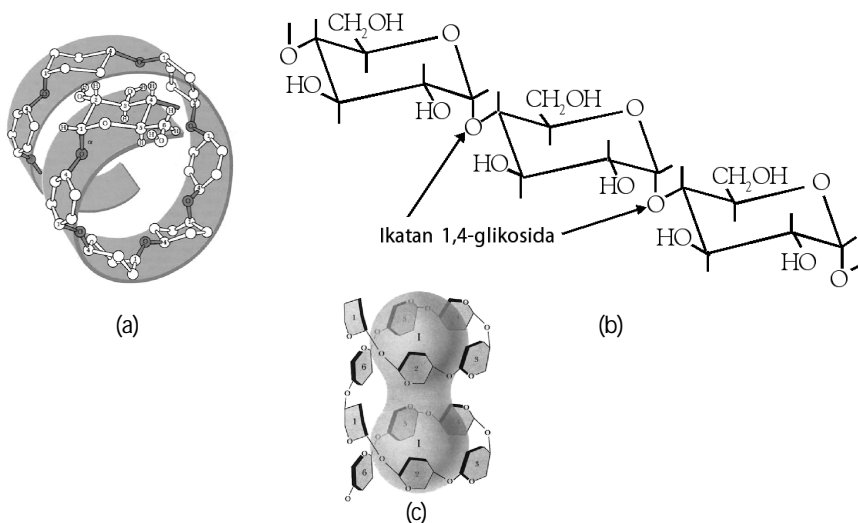
Sumber: wikipedia.org

**Gambar 8.12**

Sapi dapat mencerna rumput sebab memiliki enzim selulase yang dapat memutuskan ikatan  $\beta$ -glikosida pada selulosa.



Jika pati direaksikan dengan iodium akan muncul warna biru terang. Hal ini disebabkan terjadinya koordinasi antara ion iodida di antara heliks. Intensitas warna biru yang dihasilkan bergantung pada kandungan amilosa yang terdapat dalam pati.



**Gambar 8.13**

(a) Struktur heliks dari amilum  
(b) Ikatan  $\alpha$ -1,4-glikosida  
(c) Kompleks pati-iodin

Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

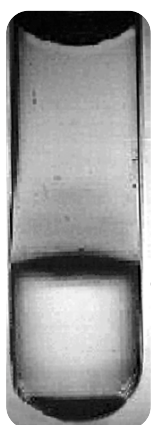




Sumber: [www.olgastift.s.bw](http://www.olgastift.s.bw)

**Gambar 8.14**

Uji glukosa dengan Fehling



Cincin warna ungu

Sumber: [www.uni-regensburg.com](http://www.uni-regensburg.com)

**Gambar 8.15**

Cincin warna ungu terbentuk ketika karbohidrat direaksikan dengan pereaksi Molisch.

### 3. Identifikasi Karbohidrat

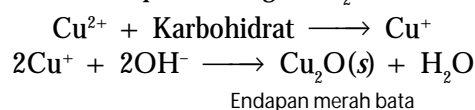
Sifat-sifat kimia karbohidrat berhubungan dengan gugus fungsi yang terdapat dalam molekul, seperti gugus hidroksi, aldehid, dan keton. Beberapa sifat kimia karbohidrat dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa karbohidrat.

Monosakarida dan beberapa disakarida memiliki sifat reduktor, terutama dalam suasana basa. Sifat reduktor ini disebabkan oleh adanya gugus aldehida atau keton bebas dalam molekul karbohidrat.

#### a. Tes Fehling

Pereaksi Fehling terdiri atas dua macam larutan, yaitu *larutan Fehling A* dan *Fehling B*. Larutan Fehling A adalah larutan  $\text{CuSO}_4$ , sedangkan Fehling B adalah larutan kalium-natrium-tartrat dan  $\text{NaOH}$  dalam air. Kedua macam larutan ini disimpan secara terpisah dan dicampur ketika akan digunakan (lihat **Gambar 8.14**).

Dalam identifikasi karbohidrat, ion  $\text{Cu}^{2+}$  direduksi menjadi ion  $\text{Cu}^+$ . Dalam suasana basa diendapkan sebagai  $\text{Cu}_2\text{O}$ .



#### b. Tes Benedict

Tes Benedict adalah *larutan tembaga(II) sulfat, natrium karbonat dan natrium sitrat*. Glukosa dapat mereduksi ion  $\text{Cu}^{2+}$  dari tembaga(II) sulfat menjadi ion  $\text{Cu}^+$ , selanjutnya diendapkan sebagai  $\text{Cu}_2\text{O}$ . Endapan yang terbentuk dapat berwarna hijau, kuning atau merah bata, bergantung pada konsentrasi karbohidrat. Pereaksi Benedict banyak digunakan untuk uji glukosa dalam urine dibandingkan pereaksi Fehling. Jika dalam urine terdapat asam urat atau kreatinin, senyawa ini dapat mereduksi Fehling, tetapi dengan pereaksi Benedict tidak terjadi reduksi.

#### c. Tes Molisch

Tes Molisch terdiri atas *larutan  $\alpha$ -naftol dalam alkohol*. Jika pereaksi ini ditambahkan ke dalam larutan glukosa, kemudian ditambah  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat maka akan terbentuk dua lapisan zat cair (lihat **Gambar 8.15**). Pada batas antara kedua lapisan itu terbentuk cincin warna ungu akibat terjadi reaksi kondensasi antara  $\alpha$ -naftol dan furfural (furfural terbentuk akibat dehidrasi glukosa oleh  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

## Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

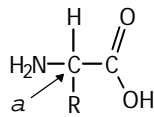
- Tuliskan rumus struktur *L*-glukosa dalam bentuk linear dan rumus proyeksinya menurut Fischer.
- Sebutkan monomer dari laktosa, maltosa, dan sukrosa.
- Tuliskan produk dari reaksi hidrolisis senyawa berikut.
  - Glikogen  $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}, \text{H}^+}$
  - Selulosa  $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}, \text{panas}}$
- Senyawa apakah yang terdapat dalam urine yang positif terhadap tes Benedict?
- Golongan senyawa apakah yang memberikan hasil positif terhadap tes Molisch?
- Apakah perbedaan antara pereaksi Barfoed dan Benedict?
- Dapatkah pereaksi Barfoed digunakan untuk membedakan fruktosa dengan sukrosa?

## C. Protein

Protein adalah *polimer biologi yang tersusun atas molekul-molekul kecil (asam amino)*. Rentang massa molekul protein berkisar dari 6.000 hingga puluhan ribu. Selain tersusun atas asam amino, banyak protein juga mengandung komponen lain seperti ion logam (misalnya  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ , dan  $\text{Mg}^{2+}$ ) atau mengandung molekul organik kompleks, biasanya turunan dari vitamin.

### 1. Asam Amino

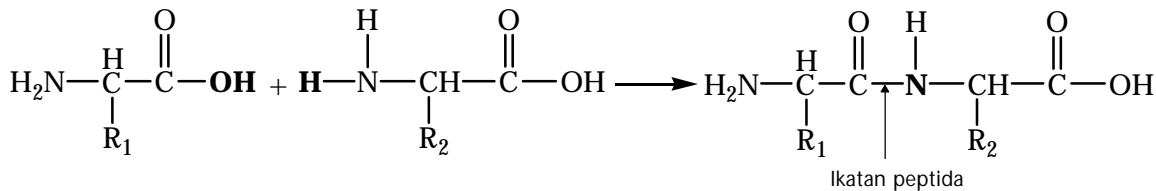
Asam amino adalah molekul yang mengandung gugus amino ( $-\text{NH}_2$ ) dan gugus karboksil ( $-\text{COOH}$ ). Asam amino disebut juga asam  $\alpha$ -amino yang merupakan monomer dari protein (polipeptida). Struktur umum asam amino ditunjukkan pada **Gambar 8.16**.



Gambar 8.16

Struktur umum asam amino

Di dalam protein, asam-asam amino diikat bersama melalui *ikatan peptida*, yaitu ikatan C–N hasil reaksi kondensasi antara gugus karboksil dengan gugus amino dari asam amino lain. Perhatikan reaksi kondensasi berikut.



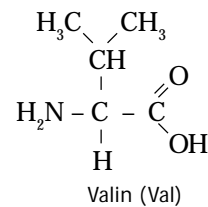
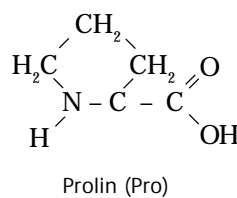
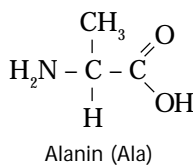
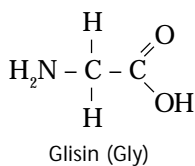
Reaksi tersebut merupakan contoh dipeptida, yaitu molekul yang dibentuk melalui ikatan peptida dari dua asam amino. Suatu polipeptida (protein) adalah polimer yang dibentuk oleh sejumlah besar asam amino melalui ikatan peptida membentuk rantai polimer.

Penamaan dipeptida atau tripeptida disesuaikan dengan nama asam amino yang berikatan. Huruf akhir dari nama asam amino yang disatukan diganti dengan huruf 'l'. Contoh, jika alanin dan glisin menjadi dipeptida, nama dipeptidanya adalah *alanilglisin*.

Terdapat 20 macam asam amino yang ditemukan pada protein. Setiap asam amino berbeda dalam hal gugus R, atau rantai samping. Rantai samping menentukan sifat-sifat asam amino.

### Kata Kunci

- Asam amino
- Ikatan peptida





disintesis oleh tubuh, tetapi harus dikonsumsi dari makanan). Kesepuluh asam amino tersebut, yaitu valin, leusin, isoleusin, lisin, histidin, fenilalanin, triptofan, treonin, metionin, dan arginin (hanya diperlukan oleh anak-anak yang sedang tumbuh).

**Tabel 8.2** Komposisi Unsur dalam Kuning Telur

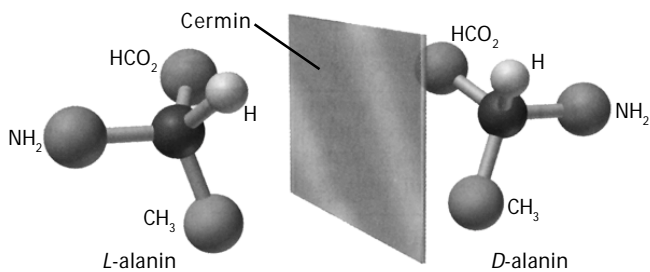
Unsur	C	H	N	O	S
Persentase (%)	50–55	7–8	15–19	19–24	0–2,5

## 2. Sifat Asam Amino

Hampir semua asam amino, kecuali glisin mempunyai atom karbon tidak simetris (kiral), yaitu atom karbon yang keempat valensinya mengikat atom atau gugus berbeda. Atom karbon tidak simetris dalam asam amino, yaitu atom karbon alfa yang mengikat empat macam gugus, seperti gugus karboksil, gugus amino, atom hidrogen, dan gugus R.

Asam amino tidak simetris memiliki dua bentuk isomeri, di mana sifat fisika dan kimia mirip, kecuali kemampuan membedakan arah putar bidang polarisasi, disebut juga sebagai senyawa optis aktif. Senyawa yang memiliki isomeri optis dinamakan isomer optis atau *stereoisomer*.

Asam amino yang dapat memutar bidang cahaya terpolarisasi ke kiri, disebut isomeri *levorotary* (*l*) atau (-), jika pemutaran bidang cahaya ke kanan dinamakan *dextrorotary* (*d*) atau (+). Perhatikan **Gambar 8.19**.



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000

Oleh karena asam amino mengandung gugus amino dan gugus karboksil, semua asam amino akan memberikan reaksi positif dari kedua gugus ini. Keadaan ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi asam amino dalam protein.

## 3. Struktur dan Bentuk Protein

Struktur protein dapat dikelompokkan menjadi empat golongan, yaitu struktur primer, sekunder, tersier, dan kuarterner.

Struktur primer adalah struktur linear dari rantai protein. Dalam struktur ini tidak terjadi antaraksi, baik dengan rantai protein yang lain maupun di antara asam amino dalam rantai protein itu sendiri.

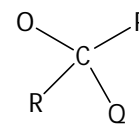
Struktur sekunder adalah struktur dua dimensi dari protein. Pada struktur ini terjadi lipatan (*folding*) beraturan, seperti *α-heliks* dan *β-sheet*, akibat adanya ikatan hidrogen di antara gugus-gugus polar dari asam amino dalam rantai protein.



Sumber: www.gourmetsleuth.com

**Gambar 8.17**

Telur mengandung protein tinggi



**Gambar 8.18**

Atom karbon kiral (keempat valensinya mengikat gugus berbeda).

**Gambar 8.19**

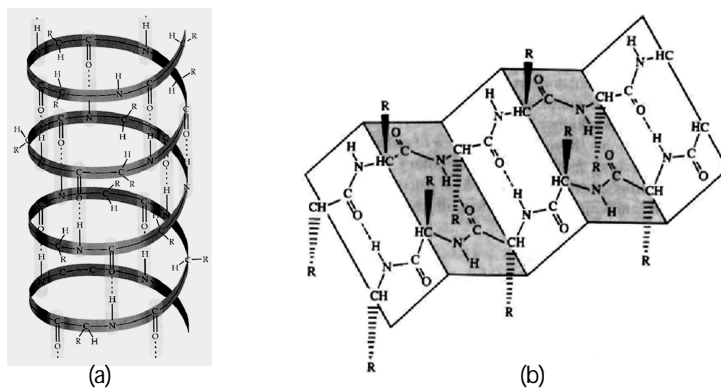
Alanin memiliki atom C kiral. L-alanin dan D-alanin pada cermin tampak sama, seperti tangan kiri dan tangan kanan yang berhadapan.



**Gambar 8.20**

Struktur primer dari protein

**Gambar 8.21**  
**Struktur sekunder protein**  
 (a) Struktur  $\alpha$ -heliks dari protein  
 (b) Struktur  $\beta$ -sheet dari protein



Sumber: Chemistry: The Central Science, 2000; The Molecular Science, 1997

## Kata Kunci

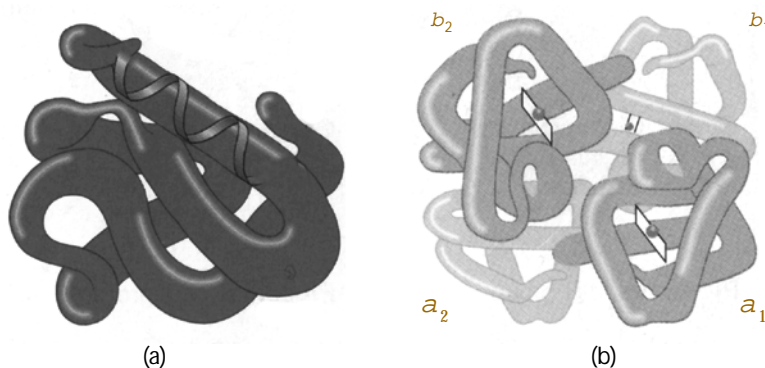
- Stereoisomer
- Antaraksi van der Waals

Struktur tersier merupakan struktur tiga dimensi sederhana dari rantai protein. Dalam struktur ini, selain terjadi *fold* membentuk struktur  $\alpha$ -heliks dan  $\beta$ -sheet, juga terjadi antaraksi van der Waals dan antaraksi gugus nonpolar yang mendorong terjadi lipatan.

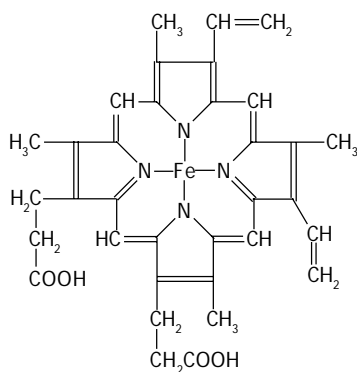
Struktur tertinggi dari protein adalah struktur kuartener. Dalam struktur ini, protein membentuk molekul kompleks, tidak terbatas hanya pada satu rantai protein, tetapi beberapa rantai protein bergabung membentuk seperti bola.

Jadi, pada struktur kuartener molekul protein di samping memiliki ikatan hidrogen, gaya van der Waals, dan antaraksi gugus nonpolar, juga terjadi antaraksi antarrantai protein baik melalui antaraksi polar, nonpolar, maupun van der Waals. Contoh dari struktur ini adalah molekul Hemoglobin, tersusun dari empat subunit rantai protein.

**Gambar 8.22**  
 (a) Struktur tersier dari protein  
 (b) Struktur kuartener dari protein hemoglobin dengan empat subunit ( $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ )



Sumber: Biology: Exploring Life, 1994



**Gambar 8.23**  
 Struktur hemin yang terdapat pada hemoglobin, sebagai gugus pembawa oksigen.

## 4. Jenis dan Fungsi Protein

Oleh karena protein memiliki keanekaragaman sangat tinggi maka protein digolongkan berdasarkan sifat dan fungsinya, seperti protein sebagai enzim, protein transport, protein bahan makanan, protein kontraktif, protein struktural, protein regulator, dan protein pertahanan.

Enzim adalah jenis protein yang memiliki sifat sangat beragam, tetapi spesifik. Enzim berperan sebagai katalis untuk berbagai reaksi biokimia. Hampir seluruh reaksi kimia dalam sel makhluk hidup dikatalisis oleh enzim. Sampai tahun 1980-an telah ditemukan lebih dari 2.000 macam enzim, masing-masing memiliki kemampuan khusus dalam mengkatalisis reaksi kimia.

Protein transport dalam plasma darah mengikat dan membawa molekul atau ion tertentu dari satu organ ke organ lain. Hemoglobin dalam sel darah merah mengikat oksigen pada saat darah memasuki paru-paru dan membawanya ke jaringan perifer. Pada jaringan tersebut oksigen dilepaskan untuk proses oksidasi bahan makanan.



Sumber: [www.bairnet.com](http://www.bairnet.com)

Plasma darah mengandung lipoprotein yang membawa lipid dari hati ke organ lain. Protein yang terdapat pada membran sel juga merupakan protein transpor, berfungsi mentransportasikan glukosa, asam amino, dan nutrisi lain melewati membran sel.

Sebagian protein dalam sel tersimpan dalam bentuk bahan makanan. Contohnya dalam biji-bijian, protein digunakan untuk pertumbuhan embrio tanaman. Albumin adalah protein utama dalam putih telur. Kasein merupakan protein terbesar dalam air susu. Semua protein tersebut merupakan protein bahan makanan.

Beberapa protein dalam sel dan organisme mempunyai fungsi untuk kontraksi. Contohnya, protein aktin atau miosin merupakan protein serabut yang berfungsi kontraksi otot. Tubulin adalah protein pembentuk mikrotubul yang merupakan komponen penting pada flagela dan silia untuk bergerak.

Beberapa protein berfungsi sebagai serabut atau pelindung, untuk memberikan kekuatan dan proteksi sel. Komponen utama dari jaringan tendon dan kartilago merupakan protein serat kolagen yang memiliki kekuatan atau kekenyalan tinggi. Kulit merupakan protein kolagen. Rambut dan kuku mengandung protein yang tidak larut dalam air, disebut keratin. Komponen utama sutera dan jaring labah-labah merupakan protein fibroin.

Beberapa protein berfungsi menjaga serangan organisme lain. Immunoglobulin atau antibodi merupakan protein khusus yang dibuat oleh jaringan limfosit untuk mengenali dan mengendapkan atau menetralkan bakteri, virus, atau protein asing dari jenis lain. Fibrinogen dan trombin merupakan protein yang bertanggung jawab terhadap pembekuan darah.

Gambar 8.24

Labah-labah sedang merajut protein dalam bentuk serat.

## Sekilas Kimia



Hermann Emil Fischer  
(1852–1919)



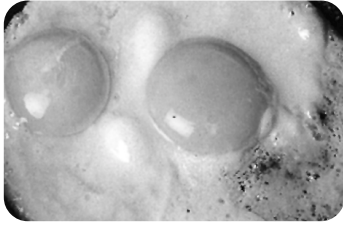
Sumber: [nobelpriza.org](http://nobelpriza.org)

Fischer memberikan kontribusi yang besar bagi ilmu pengetahuan, khususnya tentang *protein*. Dia berjasa dalam penemuan asam amino golongan baru, yakni asam amino siklik yang meliputi *prolin* dan *oksiprolin*. Fischer juga meneliti sintesis protein melalui perolehan berbagai asam amino yang memiliki struktur optis aktif.

## Kata Kunci

- Protein transport
- Protein bahan makanan
- Protein kontraktif
- Protein struktural
- Protein regulator
- Protein pertahanan

## 5. Denaturasi dan Renaturasi Protein



Sumber: Dokumentasi Penerbit

**Gambar 8.25**

Zat putih telur sedang menjalani denaturasi. Pada suhu tinggi struktur protein akan rusak.

*Ikatan-ikatan yang lemah pada protein dapat pecah atau rusak akibat perlakuan tertentu. Hal ini dapat mengakibatkan suatu protein terlepas dari ikatannya.* Peristiwa ini dinamakan denaturasi protein.

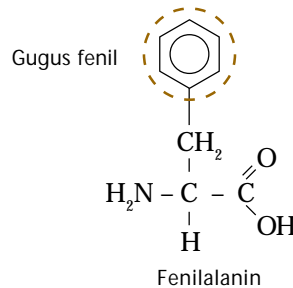
Jika protein dipanaskan, kalor dapat memecahkan beberapa ikatan lemah, seperti ikatan hidrogen, gaya van der Waals, maupun antaraksi hidrofob antargugus asam amino dalam rantai protein (lihat **Gambar 8.25**). Perubahan pH juga dapat merubah struktur protein sebab akan merubah muatan dari gugus rantai samping asam amino. Pada akhirnya, dapat memengaruhi ikatan ionik maupun ikatan hidrogen. Pereaksi seperti larutan urea 8,0 M, dapat merusak, baik ikatan hidrogen maupun antaraksi hidrofob.

Protein yang terdenaturasi dapat diubah kembali membentuk struktur semula, jika molekul protein masih larut dalam larutan urea. Jika sedikit demi sedikit konsentrasi urea diturunkan melalui proses dialisis, protein terdenaturasi secara perlahan akan melakukan renaturasi kembali ke dalam bentuk semula.

## 6. Identifikasi Protein dan Asam Amino

### a. Tes Xantoprotein

Pereaksi xantoprotein adalah *larutan asam nitrat pekat*. Jika larutan  $\text{HNO}_3$  pekat dimasukkan ke dalam larutan protein secara hati-hati, akan terbentuk endapan putih, dan berubah menjadi kuning jika dipanaskan. Gejala ini akibat nitrasi pada inti benzena yang terdapat dalam protein.



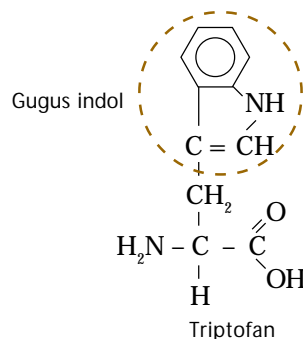
**Gambar 8.26**

Kulit ikan terkena asam nitrat akan berwarna kuning, hal ini akibat adanya nitrasi.

Pereaksi xantoprotein positif terhadap protein yang mengandung asam amino dengan gugus samping fenil, seperti asam amino tirosin, fenilalanin, dan triptofan.

### b. Tes Hopkins-Cole

Pereaksi Hopkins-cole dibuat dari *asam oksalat dan serbuk magnesium dalam air*. Pereaksi ini positif terhadap protein yang mengandung asam amino dengan gugus samping indol, seperti pada asam amino triptofan.



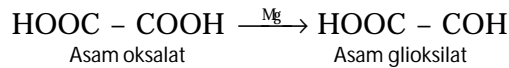
**Gambar 8.27**

Triptofan memberikan hasil yang positif dengan tes Hopkins-cole karena mengandung gugus indol.

### Kata Kunci

- Denaturasi protein
- Renaturasi protein

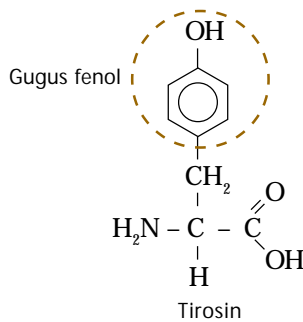
Dalam pereaksi ini, asam oksalat direduksi menjadi asam glioksilat dengan bantuan katalis serbuk magnesium:



Asam glioksilat yang terbentuk mengkondensasi asam amino triptofan membentuk senyawa berwarna. Setelah  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat dituangkan, akan terbentuk dua lapisan dan beberapa saat kemudian terbentuk cincin ungu di antara batas kedua lapisan itu.

### c. Tes Millon

Pereaksi Millon adalah *campuran larutan raksa(I) nitrat dan raksa(II) nitrat dalam asam nitrat*. Jika pereaksi Millon ditambahkan ke dalam larutan protein, akan dihasilkan endapan putih yang dapat berubah menjadi merah akibat pemanasan.



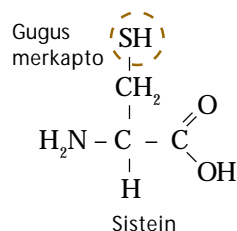
Pereaksi ini positif untuk protein yang mengandung asam amino dengan gugus samping senyawa fenol sebab terjadi reaksi antara senyawa raksa(II) dengan gugus hidrosifenil membentuk senyawa berwarna. Protein yang mengandung tirosin akan memberikan hasil positif.

### d. Tes Biuret

Larutan protein memberikan hasil yang positif terhadap pereaksi biuret. Tes Biuret dilakukan dengan cara menuangkan larutan natrium hidroksida pekat ke dalam larutan protein. Kemudian, larutan  $\text{CuSO}_4$  ditambahkan setetes demi setetes yang akan terbentuk warna ungu.

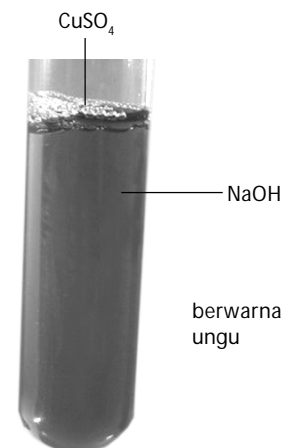
### e. Tes Nitroprusida

Natrium nitroprusida dalam larutan amonia akan menghasilkan warna merah dengan protein yang mempunyai gugus  $-\text{SH}$  bebas (merkapt). Jadi, protein yang mengandung sistein akan memberikan hasil positif. Gugus  $-\text{S}-\text{S}-$  pada sistein apabila direduksi terlebih dahulu dapat juga memberikan hasil positif.



**Gambar 8.28**

Tirosin memberikan hasil yang positif dengan tes Millon karena mengandung gugus fenol.



Sumber: [iws.ccccd.edu](http://iws.ccccd.edu)

**Gambar 8.29**

Larutan protein memberikan hasil yang positif terhadap pereaksi biuret dengan terbentuknya warna ungu.

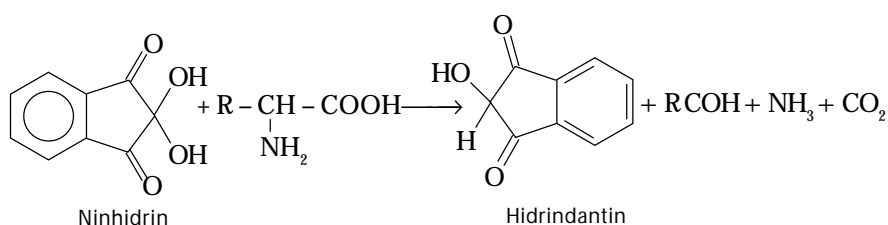


### f. Tes Sakaguchi

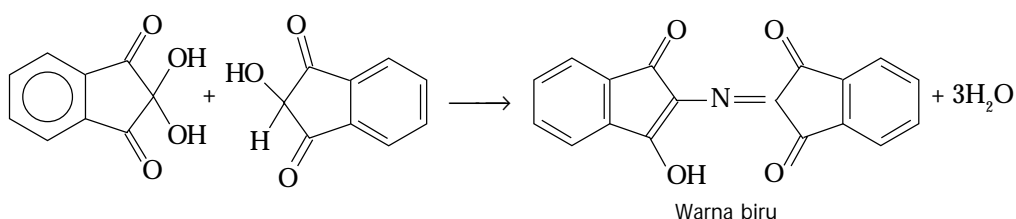
Pereaksi yang digunakan adalah *naftol dan natrium hipobromit*. Pada dasarnya reaksi ini akan memberikan hasil positif jika terdapat gugus guanidin seperti arginin memberikan warna merah.

### g. Pereaksi Ninhidrin

Pereaksi ninhidrin merupakan oksidator lemah, asam amino dapat bereaksi dengan ninhidrin sebagai berikut.



Selanjutnya, ninhidrin bereaksi dengan hidrindantin dan amonia membentuk senyawa berwarna biru.



## Tes Kompetensi Subbab C

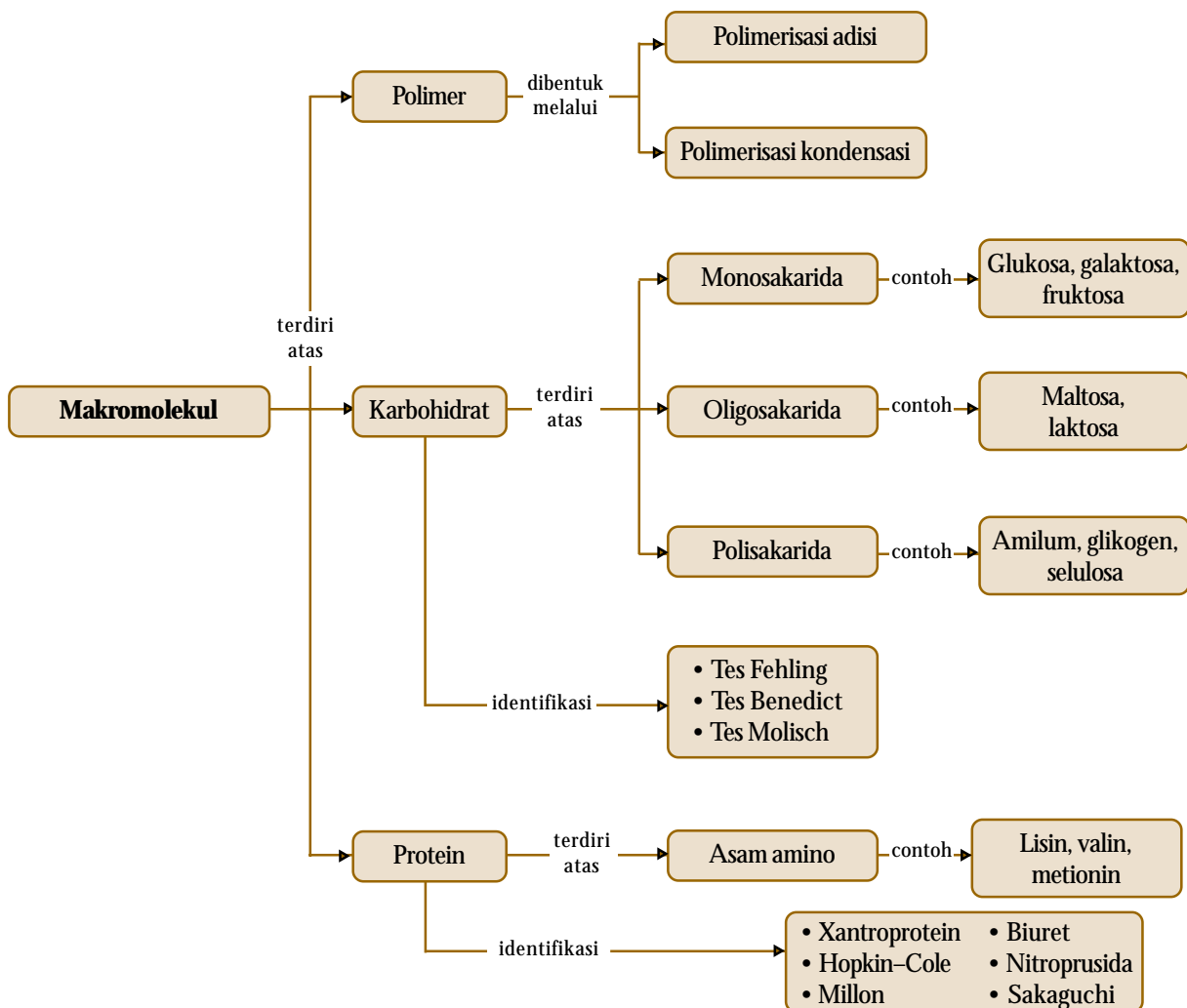
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Tuliskan persamaan reaksi pembentukan tripeptida dari asam amino alanin, lisin, dan metionin. Apakah nama tripeptida yang dibentuk dan tunjukkan mana ikatan peptidanya.
2. Apakah yang dimaksud dengan atom karbon kiral? Tunjukkan atom karbon kiral pada asam amino alanin, valin, dan fenilalanin.
3. Jelaskan penggolongan protein berdasarkan struktur dan berdasarkan fungsinya.
4. Apa yang dimaksud dengan denaturasi dan renaturasi protein?
5. Mengapa kelebihan  $\text{CuSO}_4$  harus dihindari dalam uji biuret? Jelaskan.
6. Asam amino apakah yang positif terhadap pereaksi ninhidrin?
7. Mengapa asam nitrat memberi warna kuning pada kulit kita?

## Rangkuman

Beberapa senyawa makromolekul.

1. Bentuk polimer dapat berupa linear, bercabang, sambung-silang, baik teratur maupun random.
2. Polimer dapat dibentuk melalui reaksi polimerisasi adisi melalui mekanisme radikal bebas atau ionik dan dapat juga dibentuk melalui polimerisasi kondensasi yang melibatkan penyingkiran molekul kecil seperti air.
3. Polimer alam yang umum dikenal adalah karbohidrat dan protein.
4. Karbohidrat berperan sebagai sumber energi instan dan sebagai penyusun dinding sel tumbuhan.
5. Karbohidrat sederhana dinamakan monosakarida. Gabungan monosakarida membentuk karbohidrat yang lebih kompleks, seperti pati dan selulosa.
6. Protein adalah golongan polimer alam dengan berat molekul berkisar dari 6.000 hingga 1.000.000.
7. Menurut strukturnya, protein digolongkan sebagai protein primer, sekunder, tersier dan kuarterner atau globular.
8. Menurut fungsinya, protein berperan sebagai struktural, transport, nutrien, katalis, regulator, dan sebagainya.
9. Pembangun protein adalah asam amino, yang dapat dibagi ke dalam kelompok polar dan nonpolar, bergantung pada rantai samping (gugus R).
10. Protein dibangun oleh urutan reaksi kondensasi asam-asam amino yang menghasilkan ikatan peptida sehingga protein disebut juga polipeptida.
11. Struktur polimer dapat berupa struktur primer, sekunder, tersier, dan kuarterner. Bentuk struktur ini dipengaruhi oleh gugus samping dalam asam amino yang menyusun protein.
12. Beberapa pereaksi yang digunakan untuk identifikasi protein dan asam amino di antaranya adalah xantoprotein, Hopkin-cole, Millon, biuret, nitroprusida, dan Sakaguchi.



## Refleksi

Apakah Anda merasa kesulitan dalam memahami materi di Bab 8 ini? Bagian manakah dari materi Bab 8 ini yang tidak Anda kuasai? Jika Anda merasa kesulitan, diskusikan dengan teman atau guru Anda.

Dengan mempelajari bab ini, Anda dapat mendeskripsikan struktur, tata nama, penggolongan, sifat dan kegunaan makromolekul (polimer, karbohidrat, dan protein).

Anda juga dapat menjelaskan hubungan antara struktur dan sifat dari senyawa makromolekul tersebut dan mengetahui metode pengidentifikasinya

sehingga dapat membantu mengembangkan keterampilan berpikir analisis Anda secara deduktif dan induktif.

Seperti yang telah Anda ketahui bahwa senyawa makromolekul memiliki peranan penting dalam kehidupan sehari-hari. Polimer banyak digunakan dalam industri plastik dan tekstil. Adapun karbohidrat dan protein merupakan zat penting bagi kelangsungan sel makhluk hidup.

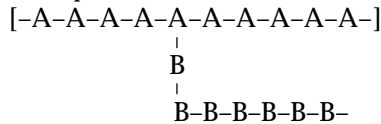
Tahukah Anda apa manfaat lainnya dari mempelajari makromolekul?

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

1. Di antara zat berikut yang dapat dipolimerisasikan adalah ....

- A. etanol
- B. etanal
- C. etena
- D. etanoat
- E. aseton

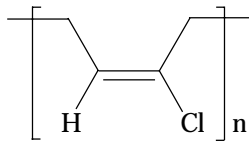
2. Suatu polimer memiliki struktur sebagai berikut.



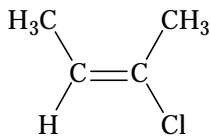
Polimer tersebut tergolong ....

- A. polimer rantai linear
- B. kopolimer cangkok
- C. kopolimer beraturan
- D. kopolimer blok
- E. polimer rantai lurus dan bercabang

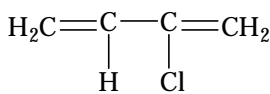
3. Manakah monomer atau pasangan monomer yang digunakan untuk membuat polimer adisi neoprene berikut.



A.



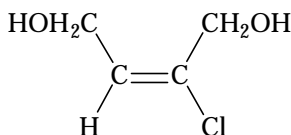
B.



C.



D.



E.



4. Polimer yang mempunyai satuan berulang:  $(-\text{CH}_2-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-)$  dapat dibentuk melalui polimerisasi dari campuran ...

- A.  $\text{CH}_3-\text{CCl}=\text{CH}_2$  dan  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$
- B.  $\text{CH}_2=\text{CHCl}$  dan  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$
- C.  $\text{CH}_2=\text{CCl}-\text{CH}=\text{CH}_2$  dan  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$
- D.  $\text{CH}_2=\text{CHCl}$  dan  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$
- E.  $\text{CH}_3-\text{CH}_2\text{Cl}$  dan  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$

5. Nilon dapat dibuat melalui swakondensasi asam 6-aminoheksanoat,  $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_5\text{CO}_2\text{H}$ . Satuan berulang dari polimer ini adalah ....

- A.  $(-\text{NH}(\text{CH}_2)_5\text{CO}-)$
- B.  $(-\text{NH}(\text{CH}_2)_5\text{CO}_2\text{H}-)$
- C.  $(-\text{NH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CO}_2-)$
- D.  $(-\text{NH}(\text{CH}_2)_5\text{NHCO}(\text{CH}_2)_5\text{CO}-)$
- E.  $(-\text{NH}(\text{CH}_2)_5\text{CO}(\text{CH}_2)_5-)$

6. Terdapat lima buah polimer:

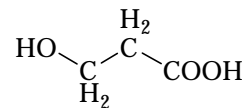
- 1. poliviinilasetat
- 2. selulosa
- 3. poliisoprena
- 4. polivinil klorida
- 5. polietena

Berikut ini yang termasuk polimer alam adalah ....

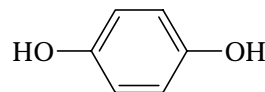
- A. 1 dan 2
- B. 1 dan 3
- C. 2 dan 3
- D. 3 dan 4
- E. 4 dan 5

7. Di antara senyawa berikut yang paling mungkin bereaksi dengan etana-1,2-diol (etilen glikol) membentuk suatu polimer adalah ....

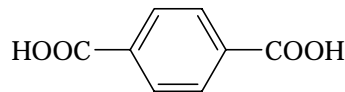
A.



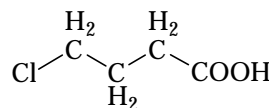
B.



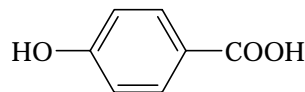
C.



D.



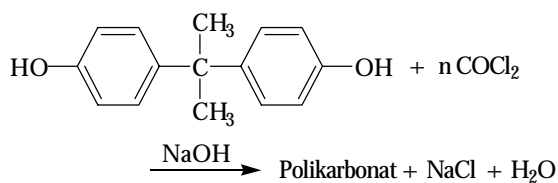
E.



8. PVC adalah suatu polimer plastik sebagai hasil polimerisasi dari ....

- A.  $\text{ClHC}=\text{CHCl}$
- B.  $\text{ClHC}=\text{CCl}_2$
- C.  $\text{H}_2\text{C}=\text{CHCl}$
- D.  $\text{H}_2\text{C}=\text{CCl}_2$
- E.  $\text{Cl}_2\text{C}=\text{CCl}_2$

9. Polikarbonat dibuat dari reaksi bisfenol A (BPA) dengan fosgen ( $\text{COCl}_2$ ):



Polimerisasi terjadi secara ....

- A. adisi                      D. ionik  
 B. kondensasi              E. kationik  
 C. radikal bebas

10. Oksirana:  $\text{H}_2\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2$  dapat dijadikan polimer. Rumus satuan berulang dari polimer ini adalah ....

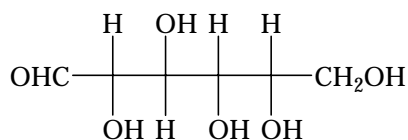
- A.  $\left( \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ \text{C} \text{---} \text{C} \\ | \quad | \\ \text{O} \end{array} \right)_n$   
 B.  $\left( \text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{O} \right)_n$   
 C.  $\left( \begin{array}{c} \text{H}_2 \quad \text{H}_2 \\ | \quad | \\ \text{C} \text{---} \text{C} \text{---} \text{O} \end{array} \right)_n$   
 D.  $\left( \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ \text{C} \text{---} \text{C} \\ | \quad | \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} \right)_n$   
 E.  $\left( \begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{C} \text{---} \text{O} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array} \right)_n$

11. Glukosa dan fruktosa berbeda secara struktur sebab ....

- A. glukosa aldehid dan fruktosa eter  
 B. glukosa keton dan fruktosa aldehid  
 C. glukosa aldehid dan fruktosa keton  
 D. glukosa aldehid dan fruktosa ester  
 E. glukosa amida dan fruktosa asam

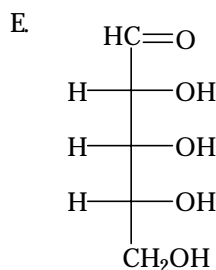
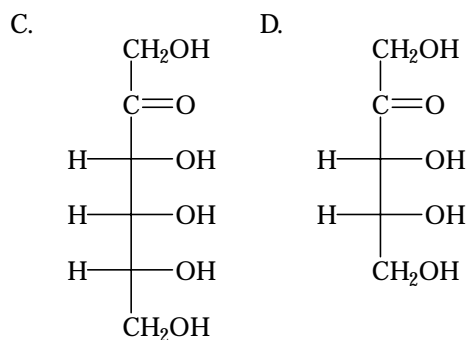
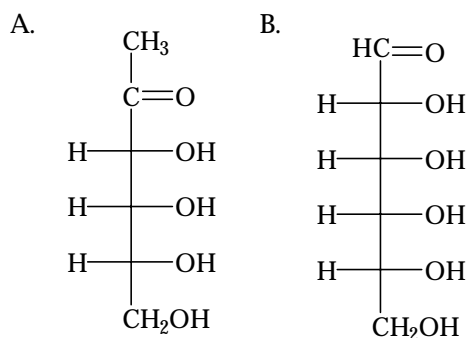
12. **Ebtanas 2000:**

Salah satu senyawa heksosa mempunyai rumus struktur berikut.



Senyawa tersebut mempunyai nama ....

- A. laktosa  
 B. glukosa  
 C. fruktosa  
 D. arabinosa  
 E. galaktosa
13. Bentuk molekul piranosa adalah suatu lingkaran dengan cincin beranggotakan enam. Senyawa berikut yang *tidak* dapat membentuk suatu piranosa adalah ....



14. Pereaksi yang sering digunakan untuk identifikasi glukosa dalam urine adalah ....

- A. Fehling  
 B. Benedict  
 C. Barfoed  
 D. Molisch  
 E. Tauber

15. **UMPTN 1996/B:**

Dalam urine penderita penyakit diabetes dapat diidentifikasi adanya senyawa ....

- A. sukrosa  
 B. fruktosa  
 C. galaktosa  
 D. glukosa  
 E. maltosa

16. Laktosa mempunyai rumus molekul yang sama dengan ....

- A. glukosa  
 B. maltosa  
 C. levulosa  
 D. galaktosa  
 E. eritrosa

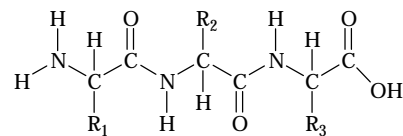
17. Perekasi apa yang dapat menghasilkan cincin ungu dalam uji karbohidrat?
- Fehling
  - Benedict
  - Barfoed
  - Molisch
  - Tauber
18. Polisakarida yang menyusun dinding sel tanaman adalah ....
- sakarosa
  - amilum
  - glikogen
  - laktosa
  - selulosa
19. Zat berikut ini mengandung selulosa, *kecuali* ....
- katun
  - kertas
  - jerami
  - nilon
  - kayu
20. Di antara karbohidrat berikut di dalam air *tidak* terhidrolisis adalah ....
- fruktosa
  - maltosa
  - laktosa
  - amilum
  - selulosa
21. Pernyataan berikut ini yang benar tentang polisakarida adalah ....
- struktur molekul glikogen dapat bercabang dengan titik cabang pada (1 → 4) glikosida
  - ikatan antar monomer di dalam pati adalah ikatan *b*(1 → 4) glikosida
  - selulosa tidak dapat dicerna oleh manusia sebab memiliki ikatan *b*(1 → 4) glikosida
  - jika ke dalam pati ditambahkan iodium akan terbentuk warna coklat dari iodomilum
  - pati dan selulosa memiliki monomer yang sama yaitu *b-D*-galaktosa
22. Jika disakarida,  $C_{12}H_{22}O_{11}$  dihidrolisis dalam larutan HCl encer terbentuk monosakarida:
- $$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{H^+} C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$
- Jika disakarida itu laktosa, monosakarida yang terbentuk adalah ....
- glukosa dan glukosa
  - glukosa dan galaktosa
  - fruktosa dan galaktosa
  - glukosa dan fruktosa
  - fruktosa dan fruktosa
23. **Ebtanas 1998:**  
Data hasil eksperimen 5 bahan makanan dengan pereaksi iodium dan Fehling:

Bahan	Pereaksi	
	Fehling	I <sub>2</sub>
I	Ungu	Ungu
II	Merah bata	Biru
III	Biru	Kuning
IV	Biru muda	Kuning muda
V	Biru	Kuning muda

Bahan yang mengandung amilum adalah nomor ....

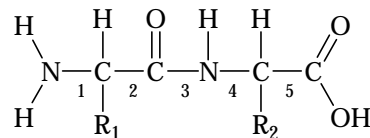
- I
- II
- III
- IV
- V

24. Satuan struktural:



Terdapat dalam polimer ....

- selulosa
  - nilon
  - protein
  - poliester
  - karbohidrat
25. Asam amino yang *tidak* memiliki sifat optis aktif adalah ....
- glisin
  - valin
  - alanin
  - tirosin
  - glutamin
26. Berikut ini yang merupakan asam amino esensial adalah ....
- glisin
  - valin
  - alanin
  - tirosin
  - asam glutamat
27. Perhatikan struktur dipeptida berikut.



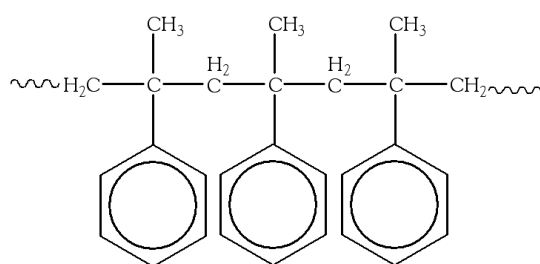
Ikatan peptida ditunjukkan oleh nomor ....

- 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
28. Di antara pereaksi berikut yang *tidak* termasuk uji untuk protein adalah ....
- xantoprotein
  - Hopkin-cole
  - Millon
  - Tauber
  - Sakaguchi

29. Pereaksi yang cocok untuk menguji adanya tirosin, fenilalanin dan triptofan (mengandung cincin benzena) di dalam protein adalah ....
- A. Xantoprotein      D. Nitroprusida  
B. Hopkin-cole      E. Sakaguchi  
C. Millon
30. Pernyataan berikut yang *tidak* tepat untuk protein adalah ....
- A. protein terbentuk dari asam amino melalui polimerisasi  
B. protein dengan larutan NaOH dan CuSO<sub>4</sub> memberi warna ungu  
C. protein jika dihidrolisis akan menghasilkan asam amino  
D. asam amino penyusun protein adalah asam α-amino, asam β-amino, dan asam γ-amino.  
E. terjadi ikatan peptida di antara tiap dua monomer protein.
31. Suatu protein dapat memiliki struktur α-heliks. Hal ini disebabkan adanya ....
- A. muatan positif dan negatif sama  
B. ikatan hidrogen intramolekul  
C. ikatan hidrogen antarmolekul  
D. ikatan peptida  
E. gaya van der Waals
32. Suatu protein dapat memiliki struktur sekunder karena memiliki ....
- A. muatan positif dan negatif sama  
B. ikatan hidrogen intramolekul  
C. ikatan hidrogen antarmolekul  
D. ikatan peptida  
E. gaya van der Waals
33. Berikut ini yang *bukan* tergolong jenis protein adalah ....
- A. hemoglobin      D. insulin  
B. kasein      E. glikogen  
C. enzim
34. Hemoglobin merupakan salah satu contoh struktur protein berupa struktur ....
- A. primer      D. α-heliks  
B. β-sheets      E. tersier  
C. kuartener
35. Peristiwa denaturasi protein terjadi jika protein, *kecuali* ....
- A. dipanaskan  
B. dilarutkan ke dalam asam pekat  
C. dibakar  
D. dilarutkan ke dalam basa kuat  
E. didinginkan hingga beku

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.**

1. Perubahan apa yang harus dilakukan agar dihasilkan polimer dengan ketegaran tinggi dan meningkatkan titik leleh?
2. Struktur molekul (monomer) apa yang dipolimerisasikan pada pembentukan polimer berikut.



3. Teflon adalah polimer adisi 1,1,2,2-tetrafluoro-etena. Tuliskan persamaan reaksi pembentukan polimer tersebut.

4. Tuliskan reaksi yang menerangkan pembentukan dua disakarida berbeda yang melibatkan α-D-glukopiranososa dan β-D-galaktopiranososa dengan menyambungkan antara karbon 1 dan karbon 4. Apakah produknya laktosa?
5. Tetapan kesetimbangan untuk reaksi:
- $$b\text{-}D\text{-glukosa} \rightleftharpoons a\text{-}D\text{-glukosa}$$
- adalah 0,56 pada 25°C. Tentukan konsentrasi gula pada kesetimbangan dalam larutan β-D-glukosa dengan konsentrasi awal 0,10 M.
6. Manakah asam amino yang memiliki sifat optis aktif lebih dari satu atom karbon? Mengapa glisin tidak optis aktif?
7. Sebutkan beberapa perbedaan antara bentuk struktur sekunder protein α-heliks dan β-sheet.

# Bab 9



Sumber: [eric.pukenoodles.com](http://eric.pukenoodles.com)

Kadar lemak jenuh yang tinggi pada makanan cepat saji dapat meningkatkan kolesterol dalam darah. Adapun ikan sarden sangat baik untuk kesehatan karena mengandung lemak tak jenuh tinggi.

## Lemak

### Hasil yang harus Anda capai:

memahami senyawa organik dan reaksinya, benzena dan turunannya, dan makromolekul.

### Setelah mempelajari bab ini, Anda harus mampu:

mendeskripsikan struktur, tata nama, penggolongan, sifat, dan kegunaan lemak.

Lemak tersusun dari asam-asam lemak dan suatu polihidroksi (gliserol). Asam lemak adalah asam karboksilat rantai panjang yang dapat mengandung ikatan rangkap (tidak jenuh) dan jenuh. Lemak yang mengandung ikatan rangkap dinamakan minyak. Lemak dan minyak berfungsi sebagai cadangan energi metabolit. Konsumsi lemak tak jenuh, seperti minyak kelapa sawit dapat mengurangi kadar kolesterol dalam tubuh. Lemak dan minyak dapat dihidrolisis dengan suatu basa alkali membentuk sabun.

Bagaimanakah struktur, penggolongan, sifat dan kegunaan lemak? Bagaimana pula cara mengidentifikasi lemak? Anda akan mengetahuinya setelah mempelajari bab ini.

- A. Struktur dan Sifat-Sifat Lemak
- B. Sumber dan Kegunaan Lemak
- C. Sabun dan Detergen



## Tes Kompetensi Awal

1. Apakah yang Anda ketahui tentang lemak? Mengapa orang yang bertubuh gemuk identik dengan kata tersebut?
2. Mengapa lemak disebut sebagai cadangan energi?
3. Apakah yang dimaksud dengan lemak jenuh dan lemak tidak jenuh?

## A. Struktur dan Sifat-Sifat Lemak

Lemak digolongkan ke dalam kelompok lipid, yaitu *golongan senyawa bioorganik yang tidak larut dalam air yang berasal dari hewan dan tumbuhan*. Lemak merupakan triester dari gliserol dan asam-asam karboksilat rantai panjang (yang disebut *trigliserida*).

### 1. Struktur dan Sifat-Sifat Lemak

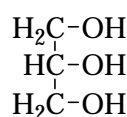
Lemak adalah suatu ester alam yang berasal dari hewan dan tanaman. Lemak yang berasal dari tanaman (lemak nabati) disebut minyak, walaupun ada juga sebagian minyak dari hewan, misalnya minyak ikan.

Lemak dan minyak digolongkan ke dalam kelompok lipid. Kandungan kimia lemak dan minyak sama, tetapi wujud fisiknya berbeda, seperti ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 9.1** Perbedaan Antara Lemak dan Minyak Berdasarkan Wujud Fisiknya

Lemak	Minyak
Padat pada suhu kamar	Cair pada suhu kamar
Mengandung asam lemak jenuh	Mengandung asam lemak tak jenuh
Banyak terdapat dalam hewan	Banyak terdapat dalam tanaman

Lemak dan minyak tersusun dari gliserol dan asam-asam lemak. Gliserol adalah suatu alkohol yang memiliki tiga gugus fungsi hidroksil (propantriol).



Gliserol (1,2,3-propantriol)

Asam lemak adalah asam karboksilat yang memiliki rantai panjang (jumlah atom karbon berkisar antara 12–22). Contoh beberapa asam lemak diuraikan dalam tabel berikut.

**Tabel 9.2** Contoh Asam Lemak Jenuh

Nama	Titik Leleh (°C)	Struktur	Rumus
Asam laurat	44		$\text{C}_{11}\text{H}_{23}-\text{COOH}$
Asam miristat	58		$\text{C}_{13}\text{H}_{27}-\text{COOH}$
Asam palmitat	63		$\text{C}_{15}\text{H}_{31}-\text{COOH}$
Asam stearat	72		$\text{C}_{17}\text{H}_{35}-\text{COOH}$

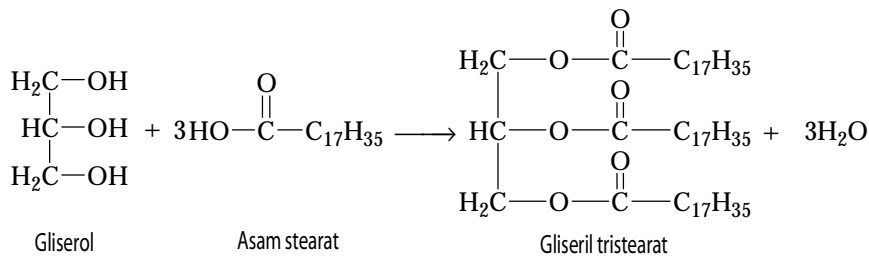
Sumber: *Kimia Organik 2*, 1988

**Tabel 9.3** Contoh Asam Lemak Tak Jenuh

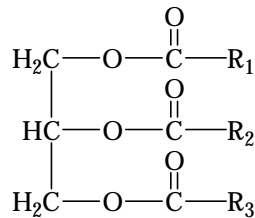
Nama	Titik Leleh (°C)	Struktur	Rumus
Asam palmitoleat	32		$C_{15}H_{29}-COOH$
Asam oleat	16		$C_{17}H_{33}-COOH$
Asam linolenat	-5		$C_{17}H_{31}-COOH$
Asam linoleat	-11		$C_{17}H_{29}-COOH$

Sumber: Kimia Organik 2, 1988

Lemak dan minyak merupakan suatu ester karena dibentuk melalui reaksi esterifikasi antara alkohol (gliserol) dan asam karboksilat (asam lemak). Misalnya, lemak gliseril tristearat (lemak hewani) merupakan ester dari molekul gliserol dan tiga molekul asam stearat. Persamaan reaksinya:

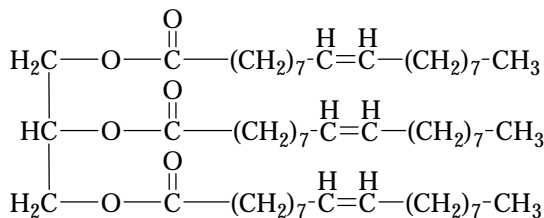


Secara umum struktur molekul lemak dan minyak sebagai berikut.



Struktur umum lemak,  $R_1, R_2, R_3$  dapat sama atau berbeda.

Umumnya lemak hewani tersusun dari asam-asam lemak jenuh sehingga titik lelehnya tinggi. Adapun minyak umumnya tersusun dari asam lemak tidak jenuh yang memiliki titik leleh rendah sehingga minyak cenderung berwujud cair pada suhu kamar.



Gliseril trioleat (minyak)

Titik leleh yang rendah dari minyak disebabkan adanya ikatan rangkap. Ikatan rangkap ini merupakan sumber elektron yang dapat mengadakan tolak-menolak dengan ikatan rangkap yang lain sehingga melemahkan gaya antarmolekul asam-asam lemak.

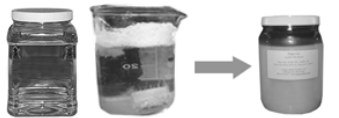
### Kata Kunci

- Lipid
- Triester
- Lemak nabati
- Lemak hewani
- Esterifikasi
- Gaya antarmolekul

## Kegiatan Inkuiri



Bagaimana menentukan titik leleh lemak atau minyak di laboratorium. Diskusikan dalam kelas. Jika perlu, lakukan kunjungan ke pabrik minyak goreng.



Sumber: autumnwindz.com

**Gambar 9.1**

Minyak + NaOH → Sabun

Ketidakjenuhan lemak dan minyak dapat ditentukan dengan *cara adisi kuantitatif iodin* terhadap ikatan rangkapnya. Metode ini dikenal dengan istilah penentuan bilangan iodin (BI). *Makin besar bilangan iodin, makin banyak ikatan rangkap dalam minyak atau lemak.*

Sifat-sifat lemak mirip dengan ester. Di samping itu, karena yang membedakan lemak dan minyak adalah jenis asam-asam lemak yang terikat pada gliserol maka sifat-sifat lemak dan minyak juga ditentukan oleh asam-asam lemak tersebut.

Jika lemak dihidrolisis akan terurai menjadi asam-asam lemak dan gliserol. Misalnya, hidrolisis lemak gliseril tristearat, persamaannya:

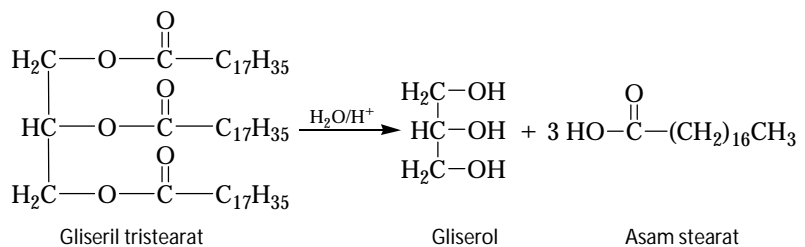


Sumber: amadeo.blog.com

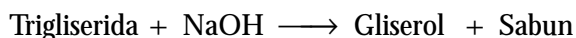
**Gambar 9.2**

Pada pembuatan margarin, setelah minyak dihidrogenasi, selanjutnya ditambah susu, pencita rasa, garam, vitamin, dan lainnya sesuai permintaan konsumen.

Minyak → margarin



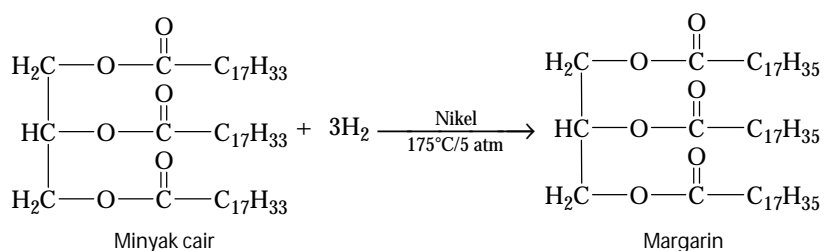
Jika lemak diolah dengan larutan natrium hidroksida pekat akan dihasilkan gliserol dan garam dari asam lemak atau sabun. Proses ini dinamakan *saponifikasi* atau *penyabunan* (**Gambar 9.1**).



Sabun yang terbentuk dapat digumpalkan dengan garam dapur dan dimurnikan dengan cara dicuci dengan air. Gliserol sebagai hasil samping juga dapat dimurnikan dengan cara distilasi.

Oleh karena minyak banyak mengandung ikatan rangkap maka minyak dapat dijenuhkan dengan cara reaksi adisi pada ikatan rangkapnya. Hal ini dilakukan pada pembuatan mentega di industri.

Mentega asli mengandung gliseril tributirat. Mentega buatan atau margarin dibuat melalui pengolahan minyak cair menjadi lemak melalui reaksi adisi gas  $\text{H}_2$  dengan bantuan katalis logam nikel pada suhu dan tekanan tinggi (**Gambar 9.2**). Persamaan kimianya:



Ikatan rangkap pada minyak dapat dioksidasi. Reaksi oksidasi yang terkendali pada minyak merupakan proses yang terjadi pada pengerasan cat. Oksidasi yang tidak terkendali menimbulkan bau tengik pada minyak, dan sangat merugikan.

Asam karboksilat yang menyusun lemak umumnya tidak bercabang. Hal yang lebih menarik adalah bahwa semua asam-asam karboksilat yang menyusun lemak dan minyak umumnya memiliki jumlah atom karbon genap (14, 16, 18, dan 20).

## 2. Tata Nama Lemak atau Minyak

Oleh karena lemak hanya dibedakan oleh gugus asam karboksilat yang terikat pada lemak maka tatanama lemak juga didasarkan pada turunan asam karboksilat tersebut.

### Contoh:

Gabungan gliserol dan asam tristearat diberi nama *tristearin*.

Gabungan gliserol dan asam tripalmitat diberi nama *tripalmitin*.

Selain tata nama tersebut, penamaan lemak dapat juga didasarkan pada penamaan ester.

### Contoh:

Gabungan gliserol dan asam stearat dinamakan *gliseril tristearat*.

Gabungan gliserol dan asam palmitat dinamakan *gliseril tripalmitat*.

Secara umum lemak dan minyak diberi nama *trigliserida*.

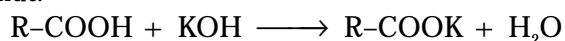
## 3. Identifikasi Lemak atau Minyak

Untuk menentukan kadar suatu lemak dan ketidakjenuhan asam lemak di dalam lemak dapat dilakukan melalui identifikasi sebagai berikut.

### a. Bilangan Asam (BA)

Bilangan asam adalah *bilangan yang menunjukkan berapa mg KOH yang diperlukan untuk menetralkan lemak (khususnya asam lemak bebas) dalam 1 mg lemak*.

Bilangan asam ditentukan dengan cara *titrasi alkalimetri*, yaitu teknik titrasi dengan pereaksi suatu alkali (KOH). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



#### Penentuan bilangan asam

$$\text{BA} = \frac{V_{(\text{KOH})} M_{(\text{KOH})} M_{\text{r}(\text{KOH})}}{\text{Berat Lemak}}$$

#### Keterangan

$V_{(\text{KOH})}$  = Volume basa (mL)

$M_{(\text{KOH})}$  = Konsentrasi basa (M)

$M_{\text{r}(\text{KOH})}$  = Massa molekul relatif basa ( $\text{g mol}^{-1}$ )

Untuk lebih memahami identifikasi lemak melalui bilangan asam ini, lakukan percobaan berikut.

### Kata Kunci

- Reaksi adisi
- Reaksi oksidasi
- Trigliserida
- Safonifikasi
- Bilangan asam
- Titrasi alkalimetri



## Aktivitas Kimia 9.1

### Penentuan Bilangan Asam (BA) suatu Lemak

#### Tujuan

Menentukan kadar lemak dan ketidakjenuhan asam lemak dalam lemak.

#### Alat

1. Buret
2. Erlenmeyer

3. Statif
4. Pipet tetes

#### Bahan

1. Lemak 2 mg
2. Campuran eter dan alkohol 25 mL
3. Indikator PP
4. Larutan KOH 0,1 M dalam alkohol

#### Langkah Kerja

1. Larutkan 2 mg lemak atau minyak yang berwujud cair ke dalam 25 mL larutan dari campuran eter dan alkohol.
2. Masukkan larutan tersebut ke dalam labu erlenmeyer. Kemudian, teteskan indikator PP.
3. Titrasi larutan tersebut dengan larutan KOH 0,1M dalam alkohol hingga tercapai titik akhir titrasi. Amati perubahan yang terjadi.

#### Pertanyaan

1. Mengapa lemak atau minyak yang berwujud cair dalam percobaan ini, harus dilarutkan terlebih dulu dalam campuran eter dan alkohol?
2. Mengapa dalam penentuan titik akhir titrasi perlu dilakukan penambahan indikator?
3. Apa yang dapat Anda amati saat titik akhir titrasi tercapai?
4. Jelaskan apa yang dapat Anda simpulkan dari hasil pengamatan tersebut. Diskusikan dengan teman kelompok Anda.

### b. Bilangan Ester (BE)

Bilangan ester adalah *bilangan yang menyatakan berapa mg KOH yang diperlukan untuk menyabunkan ester yang terdapat dalam 1 gram lemak atau minyak*. Jadi, bilangan ester merupakan suatu ukuran kadar ester yang terdapat dalam minyak atau lemak.

Penetapan BE dapat terganggu jika dalam lemak terdapat suatu anhidrida atau suatu lakton. Teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi bilangan ester adalah dengan cara *merefluks* campuran lemak atau minyak dengan KOH berlebih, sampai terbentuk sabun. Kelebihan KOH yang ditambahkan selanjutnya dititrasi. Tahap reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.

- 1)  $\text{Trigliserida} + \text{KOH} \longrightarrow \text{Gliserol} + \text{R-COOK (sabun)}$
- 2)  $\text{KOH (sisa)} + \text{HCl} \longrightarrow \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$

### Kegiatan Inkuiri



Gambarkan perangkat alat percobaan untuk merefluks suatu senyawa.



### Catatan Note

Larutan hanus dibuat dengan cara melarutkan kristal iodin dan bromin cair ke dalam asam asetat glasial.

*Hanus solution is produced by dissolving iodine crystal and liquid bromine into glacial acetic acid.*

### c. Bilangan Penyabunan (BP)

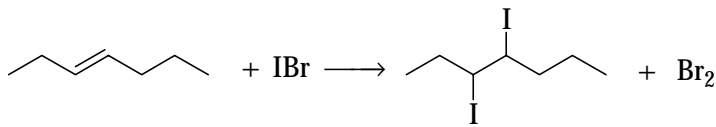
Bilangan penyabunan adalah *bilangan yang menunjukkan berapa mg KOH diperlukan untuk membentuk 1 gram sabun secara sempurna*. Teknik yang digunakan adalah *titrasi asidimetri* setelah proses penyabunan sempurna.

Teknik untuk mengidentifikasi bilangan penyabunan sama seperti dengan penentuan bilangan ester. Dengan cara merefluks campuran lemak atau minyak dengan KOH berlebih dan mentitrasi kelebihan KOH.

### d. Bilangan Iodin (BI)

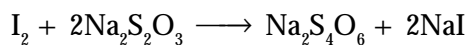
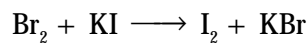
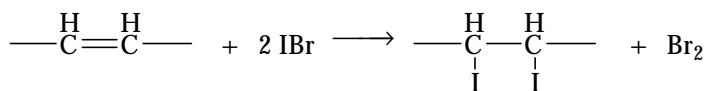
Bilangan iodin adalah *bilangan yang menunjukkan berapa mg halogen (dinyatakan sebagai iodin) yang dapat diikat oleh 100 mg lemak, atau berapa persen halogen yang dapat diikat lemak*.

Senyawa halogen yang digunakan untuk penentuan bilangan iodin adalah senyawa antarhalogen, yaitu Iodobromida (IBr, senyawa *hanus*). Senyawa *hanus* bereaksi dengan lemak melalui reaksi adisi pada ikatan rangkap. Persamaan reaksinya:



Dengan demikian, bilangan iodin merupakan ukuran banyaknya ikatan rangkap dalam asam lemak.

Teknik yang digunakan untuk menentukan bilangan iodin adalah *titrasi iodometri*. Titrasi dilakukan setelah reaksi adisi berlangsung sempurna. Kelebihan bromin direaksikan dengan KI agar terbentuk  $\text{I}_2$ , selanjutnya  $\text{I}_2$  direaksikan dengan natrium tiosulfit. Reaksi keseluruhan adalah



### Kata Kunci

- Bilangan ester
- Bilangan penyabunan
- Titrasi asidimetri
- Bilangan iodin
- Titrasi iodometri

### Kegiatan Inkuiri



Tambahkan larutan bromin tetes demi tetes ke dalam minyak. Bagaimana perubahan warna dari larutan bromin?

### Tes Kompetensi Subbab A

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Tuliskan persamaan reaksi redoks antara asam linoleat dan bromin.
2. Tuliskan persamaan reaksi penyabunan dengan menggunakan struktur kimia.
3. Minyak kelapa (minyak curah) sering membeku pada pagi hari, tetapi minyak kelapa sawit (seperti minyak dalam botol kemasan) tidak pernah membeku. Jelaskan fakta ini berdasarkan strukturnya.
4. Tuliskan struktur lemak yang memiliki nama trilinoleat, tributirat, dan tripalmitoleat.
5. Suatu lemak dapat diekstrak dari buah pala. Setelah lemak dihidrolisis, diperoleh gliserol dan asam miristat. Tuliskan struktur lemak tersebut.
6. Indikator apa yang cocok untuk titrasi pada penentuan bilangan ester? Bagaimana perubahan warnanya?
7. Indikator apa yang cocok pada penentuan bilangan iodin? Bagaimana perubahan warna yang terjadi?

### B. Sumber dan Kegunaan Lemak

Ada tiga bentuk utama lemak yang ditemukan dalam diet manusia dan hewan mamalia, yaitu lemak jenis: (1) *trigliserida*, (2) *fosfolipid*, dan (3) *kolesterol*. Trigliserida merupakan jenis yang paling banyak (95–98%) terdapat dalam makanan, sedangkan kolesterol dan fosfolipid terdapat dalam jumlah sedikit, dan merupakan komponen utama dinding sel.

Umumnya lemak dan minyak yang terdapat di alam merupakan trigliserida campuran, artinya ketiga bagian asam lemaknya dapat berbeda. Beberapa sumber lemak dapat dilihat pada **Tabel 9.4**.



Lemak di bawah kulit berfungsi sebagai insulator panas maupun dingin agar suhu tubuh tetap optimum.

*Fat under the skin act as thermal and cold insulator in order to keep body temperature optimum.*

**Tabel 9.4** Beberapa Sumber Lemak (Lipid) dalam Makanan

Bahan Makanan	Kadar (%)		
	Kolesterol	Lemak Jenuh	Lemak Tak Jenuh
Susu	0,32	50	34
Telur	4,2	33	41
Daging	0,35	37	56
Ayam	0,64	20	66
Terigu	0	sedikit	90
Jagung	0	14	86
Alpukat	0	18	59
Kacang tanah	0	15	82
Kelapa	0	76	8

Sumber: Biokimia, Nutrisi, dan Metabolisme, 1985

Komposisi asam-asam lemak yang terkandung dalam beberapa bahan makanan adalah sebagai berikut.

**Tabel 9.5** Jenis Asam-Asam Lemak yang Terkandung dalam Makanan

Lemak/Minyak	Komposisi Rata-Rata (%)							
	Laurat	Miristat	Palmitat	Stearat	Palmitoleat	Oleat	Linoleat	Linolenat
Mentega	2,5	11,1	29,0	9,2	4,6	26,7	3,6	–
Hati ikan	–	5,8	8,4	0,6	20,0	29,1	29,1	–
Ikan paus	0,2	9,3	15,6	2,8	14,4	35,2	–	–
Kelapa	45,4	18,0	10,5	2,3	0,4	7,5	–	–
Jagung	–	1,4	10,2	3,0	1,5	49,6	34,3	–
Biji kapas	–	1,4	23,4	1,1	2,0	22,9	47,8	–
Biji rami	–	–	6,3	2,5	–	19,0	24,1	47,4
Zaitun	–	–	6,9	2,3	–	84,4	4,6	–
Kacang tanah	–	–	8,3	3,1	–	56,0	26,0	–
Kedelai	0,2	0,1	9,8	2,4	0,4	28,9	50,7	6,5

Sumber: Kimia Organik 2, 1988

Trigliserida merupakan bentuk lemak yang paling efisien sebagai cadangan energi untuk proses-proses atau aktivitas yang memerlukan energi dalam tubuh. Energi hasil metabolisme lemak dua kali lebih besar daripada metabolisme karbohidrat atau protein dengan takaran yang sama. Energi hasil metabolisme karbohidrat dan protein secara berurutan sekitar  $9 \text{ kkal g}^{-1}$  dan  $4 \text{ kkal g}^{-1}$ .

### Kegiatan Inkuiri



Kapan lemak disintesis dalam tubuh? Apakah hubungannya kebutuhan lemak dengan orang yang diet?

Trigliserida banyak ditemukan dalam sel-sel lemak. Sekitar 99% dari volume sel lemak mengandung trigliserida. Beberapa trigliserida juga terdapat dalam bentuk butir-butir lipid di dalam jaringan yang bukan lemak (nonadiposa), seperti hati dan otot. Selain sebagai sumber energi, trigliserida dapat diubah menjadi kolesterol, fosfolipid, dan bentuk lipid lainnya jika tubuh memerlukan jenis lipid tertentu.

Di samping berperan sebagai jaringan lemak, trigliserida juga memiliki fungsi fisik, yaitu sebagai bantalan tulang-tulang dan organ-organ vital, guna melindungi organ vital dari guncangan atau getaran. Jantung, ginjal, epididimis, dan kelenjar air susu terbungkus oleh lapisan jaringan lemak.

Untuk memenuhi kebutuhan lemak agar kondisi kesehatan optimum diperlukan trigliserida yang mengandung asam-asam lemak esensial. *Asam lemak esensial adalah asam-asam lemak tidak jenuh yang tidak dapat disintesis oleh tubuh sehingga harus dikonsumsi dari makanan.*

Asam lemak esensial ditandai dengan ikatan rangkap berada pada posisi C-7 terakhir dalam rantai asam lemak ke arah ujung gugus metil (terutama C-6 dan C-7), misalnya asam lemak linoleat. Defisiensi (kekurangan) asam lemak esensial ditandai dengan adanya kulit memerah, terutama pada pipi dan daerah tubuh yang lecet akibat benturan.

### Kegiatan Inkuiri



Sebutkan jenis-jenis asam lemak dan sumbernya yang banyak mengandung asam lemak esensial.

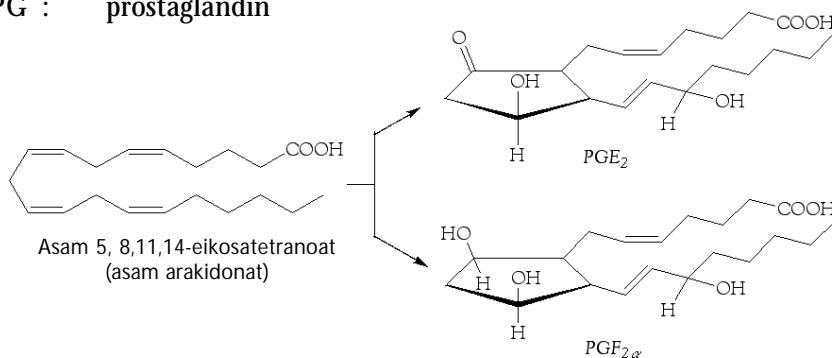
Diperkirakan orang dewasa memerlukan minimal 2% dari nilai kalorinya dalam bentuk asam lemak esensial. Kebutuhan asam lemak esensial diperoleh dari pemberian asam arakidonat untuk pembentukan prostaglandin. Prostaglandin adalah zat serupa hormon yang memiliki efek-efek biologis dengan berbagai fungsi.

Ketidakseimbangan kadar prostaglandin dalam tubuh dapat menyebabkan rasa mual, diare, peradangan, nyeri, demam, asma, tekanan darah tinggi, ketidakaturan menstruasi, mengantuk, bahkan penggumpalan darah. Pertama kali diketahui bahwa prostaglandin disintesis di dalam kelenjar prostat, tetapi sekarang diketahui dapat disintesis di paru-paru, hati, uterus, dan organ lainnya.

Prostaglandin merupakan asam karboksilat dengan jumlah atom karbon 20 dan mengandung cincin siklopentana. Senyawa ini dibiosintesis dari asam lemak tak jenuh dengan jumlah atom karbon 20, seperti asam arakidonat. Hal ini yang menjadi alasan mengapa asam-asam lemak tidak jenuh diperlukan oleh tubuh guna menjaga kesehatan optimum.

Terdapat beberapa macam prostaglandin yang sudah diketahui, tetapi yang umum dan banyak ditemukan ada empat macam, yaitu  $PGE_p$ ,  $PGF_{1\alpha}$ ,  $FGE_2$ ,  $PGF_{2\alpha}$ , seperti ditunjukkan pada biosintesis berikut.

PG : prostaglandin



### Catatan Note

Aspirin (obat sakit kepala) dapat menghambat pembentukan prostaglandin melalui reaksi asetilasi sehingga dampak kelebihan prostaglandin (sakit kepala) dapat dinetralisir.

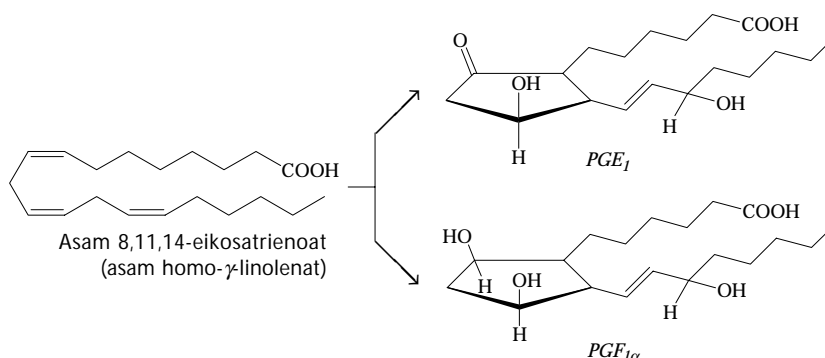
*Aspirin (headache medicine) can inhibit prostaglandine formation through acetilation reaction thus the effect of prostaglandine overproduction (headache) can be cured.*

### Kata Kunci

- Cadangan energi
- Asam lemak esensial



**Gambar 9.3**  
Biosintesis prostaglandin



Keterangan:

E : alkohol-keton

F : diol dan

Indeks, menyatakan jumlah ikatan rangkap

Lemak berperan sebagai pelarut vitamin-vitamin, seperti A, D, E, dan K untuk disirkulasikan ke bagian tubuh yang membutuhkan. Lemak yang terdapat di bagian bawah kulit berfungsi untuk melindungi badan dari cuaca dingin.

Pada dinding pembuluh darah (arteri) terdapat suatu lapisan dari bahan organik yang terdiri atas lemak dan kolesterol. Kolesterol merupakan jenis lemak yang terdapat dalam semua hewan. Tubuh kita berupaya mensintesis kolesterol melalui konsumsi makanan, seperti mentega, telur, dan daging merah yang kaya kolesterol.

Lemak dan kolesterol yang berlebihan dapat menimbulkan penyempitan pembuluh darah sehingga menghambat aliran darah. Akibatnya, tekanan darah meningkat dan berpotensi terjadinya serangan jantung.

Para praktisi kesehatan menganjurkan untuk mengonsumsi makanan yang mengandung kadar kolesterol dan lemak jenuh rendah. Hal ini disebabkan makanan yang mengandung lemak jenuh tinggi akan meningkatkan kadar kolesterol dalam tubuh.

Berdasarkan hasil penelitian membuktikan bahwa makanan yang banyak mengandung kadar lemak tidak jenuh tinggi dapat mengurangi serangan jantung. Jadi, untuk menjaga kesehatan, kita perlu mengurangi konsumsi makanan berlemak jenuh kadar tinggi, dan diganti dengan konsumsi lemak nabati, yang banyak mengandung lemak tidak jenuh. Kadar lemak jenuh dan tidak jenuh dalam jenis minyak dan mentega ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 9.6** Kadar Lemak Jenuh dan Tak Jenuh di Dalam Beberapa Sumber Makanan

Sumber	Kadar Lemak (%)	
	Jenuh	Takjenuh
<b>Minyak:</b>		
Sawit	50	50
Kelapa	94	6
Kacang	19	81
Jagung	16	84
<b>Lemak:</b>		
Mentega	45	29
Margarin	35	40

Sumber: Bantuan Studi Lengkap SPM Kimia, 1996



## Sekilas Kimia

### Lemak "Olestra"

Setiap jenis vitamin memiliki struktur kimia yang khas. Struktur khas ini menentukan kelarutannya di dalam setiap bagian tubuh manusia. Misalnya, vitamin B dan C larut dalam air. Adapun vitamin A, D, E, dan K larut dalam pelarut nonpolar dan jaringan lemak tubuh (yang juga bersifat nonpolar). Vitamin-vitamin tersebut disimpan sebagai cadangan vitamin, yang digunakan ketika seseorang mengalami defisiensi (kekurangan) vitamin dalam jangka waktu lama.

*Olestra*, suatu produk yang dihasilkan dari penggabungan molekul gula dengan asam lemak. *Olestra* stabil pada suhu tinggi sehingga banyak digunakan sebagai pengganti minyak sayur dalam pembuatan keripik kentang dan makanan sejenisnya. *Olestra* memasuki sistem pencernaan tanpa melalui proses metabolisme sehingga tidak ada kalori dari bahan ini yang diambil.

Efek samping dari mengonsumsi produk ini secara terus menerus berkaitan dengan masalah gizi, karena *olestra* merupakan sejenis molekul lemak yang besar, menyerap vitamin-vitamin yang larut dalam lemak (A, D, E, dan K). Selain itu, *olestra* juga menyerap nutrisi, seperti karoten, yang ikut terbawa saat diekresikan keluar tubuh.

Sumber: *Chemistry: The Central Science*, 2000

## Keunggulan Minyak Kelapa Sawit

Minyak kelapa sawit mengandung asam lemak jenuh dan tidak jenuh dalam kadar yang seimbang. Minyak ini mengandung 44% asam palmitat dengan 16 atom karbon. Keadaan ini lebih baik untuk kesehatan jika dibandingkan dengan asam lemak berantai pendek.

Minyak sawit tidak mengandung kolesterol dan banyak mengandung asam lemak tidak jenuh, sekitar 40% jika dibandingkan minyak-minyak yang lain. Asam lemak tidak jenuh ini membantu mengurangi kadar kolesterol dalam darah. Oleh karena itu, minyak sawit cukup aman bagi kesehatan.

### Kata Kunci

- Lemak jenuh
- Lemak tak jenuh

### Kegiatan Inkuiri



Lakukan survei untuk menyelidiki titik leleh minyak goreng yang ada di pasaran. Minyak goreng mana yang banyak mengandung asam lemak tidak jenuh.

Minyak sawit juga mengandung  $\beta$ -karoten yang merupakan sumber penting bagi pembentukan vitamin A, dan juga mengandung vitamin E.  $\beta$ -karoten dan vitamin E berperan penting dalam upaya mencegah penyakit kanker.

Minyak sawit tidak mudah menjadi tengik. Oleh karena itu, makanan yang digoreng dengan minyak kelapa sawit lebih tahan lama.

Minyak sawit dapat membantu mencegah pembekuan darah. Hal ini disebabkan minyak sawit dapat menjaga kondisi hormon *trombaksin* dan *prostalisin* dalam darah. Jadi, minyak sawit dapat menjaga pengendapan kolesterol pada dinding pembuluh darah.

## Tes Kompetensi Subbab B

Kerjakanlah di dalam buku latihan.

Manakah makanan berikut ini yang lebih baik bagi kesehatan untuk dikonsumsi? Jelaskan secara singkat dan tepat.

- (a) Daging merah (sapi, kambing) atau daging ayam?  
(b) Susu atau telur?

(c) Terigu atau jagung?

(d) Alpukat atau mentega?

## C. Sabun dan Detergen

Sabun adalah garam logam alkali (biasanya garam natrium) dari asam-asam lemak yang mengandung jumlah atom karbon umumnya 16 dan 18. Akan tetapi, ada juga sabun yang mengandung asam lemak dengan rantai karbon lebih pendek.

### 1. Sabun

Pembuatan sabun telah dilakukan sejak masa lampau (mesir kuno). Sebelum masehi, sabun sudah dibuat dari abu tanaman yang mengandung kalium karbonat. Abu tersebut dididihkan dengan kapur ( $\text{CaO}$ ) membentuk kalium hidroksida. Selanjutnya pendidihan kalium hidroksida dengan lemak hewan menghasilkan sabun.

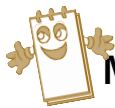
Sabun generasi pertama yang mirip dengan sabun sekarang dibuat di Italia pada tahun 600 M. Pada waktu itu bahan-bahan baku yang digunakan adalah lemak dan kalium hidroksida. Sabun yang dihasilkan tidak murni sebab menggunakan bahan baku yang juga tidak murni.



Sumber: Oklahomafood.com

**Gambar 9.4**

Sabun mandi dibuat pertama kali dari kalium hidroksida dan lemak hewan.



### Mahir Menjawab

Hasil samping yang diperoleh dalam industri sabun adalah ....

- alkohol
- ester
- glikol
- gliserol
- asam karbon tinggi

#### Pembahasan

Reaksi pembentukan sabun (saponifikasi)

ester+basa kuat → sabun+alkohol  
(lemak) (gliserol)

Dalam industri pembuatan sabun, ester yang digunakan adalah lemak. Jadi, alkohol yang dihasilkan berupa gliserol ( $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOHCH}_2\text{OH}$ ) merupakan hasil samping. (D)

SPMB 2004

Teknik yang dikembangkan masih primitif. Dengan ditemukannya teknik pemurnian bahan baku dan pemahaman yang memadai terhadap reaksi-reaksi kimia dalam pembuatan sabun maka pada abad-abad berikutnya dihasilkan sabun bermutu tinggi.



## Aktivitas Kimia 9.2

### Pembuatan Sabun

#### Tujuan

Untuk membuat sabun dari lemak dan natrium hidroksida (NaOH).

#### Alat

- Gelas kimia
- Gelas ukur
- Batang pengaduk
- Bunsen

#### Bahan

- Lemak
- Larutan NaOH 6 M
- Garam dapur (NaCl)
- Air

#### Langkah Kerja

- Campurkan lemak dengan larutan NaOH 6 M. Kemudian, dididihkan sambil diaduk.
- Setelah reaksi sempurna tambahkan garam dapur, dan cuci dengan air.

#### Pertanyaan

- Bagaimana persamaan reaksi dalam proses penyabunan tersebut.
- Jelaskan mengapa perlu dilakukan penambahan NaOH 6 M.
- Mengapa pada akhir reaksi perlu ditambahkan garam dapur (NaCl)?

### Kegiatan Inkuiri

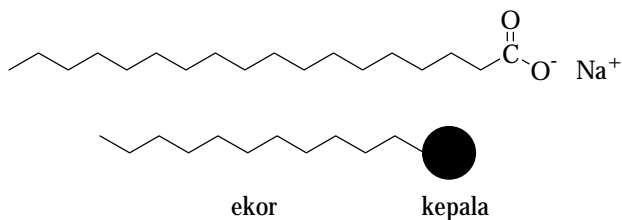


Setelah melakukan percobaan pembuatan sabun pada **Aktivitas Kimia 9.2**. Buatlah kembali bersama teman kelompok Anda sabun dalam jumlah yang relatif banyak. Kemudian, coba tawarkan dengan harga yang sesuai kepada orang-orang di sekitar Anda.

Sabun mempunyai dua bagian, yaitu bagian ekor dan kepala. Bagian ekor berupa hidrokarbon rantai lurus, bagian kepala berupa garam natrium atau kalium dari ion karboksilat yang bersifat polar.

Bagian ekor bersifat nonpolar sehingga hanya larut dalam bahan yang juga nonpolar, seperti minyak atau lemak. Bagian kepala bersifat polar sehingga hanya larut dalam pelarut polar seperti air.

Sabun yang umum dipakai adalah garam natrium atau kalium dari asam stearat atau palmitat. Struktur molekulnya adalah



**Gambar 9.5**

Model struktur molekul sabun

### a. Sabun sebagai Pengemulsi

Jika air dan minyak dicampurkan, akan membentuk dua lapisan. Lapisan atas adalah minyak dan lapisan bawah adalah air. Jika campuran minyak dan air dikocok, minyak akan pecah menjadi butiran-butiran yang tersebar dalam campuran. Campuran ini disebut *emulsi*. Emulsi minyak-air tidak stabil. Jika dibiarkan, butiran-butiran minyak akan bergabung kembali seperti semula membentuk lapisan minyak di atas permukaan air.



**Gambar 9.6**

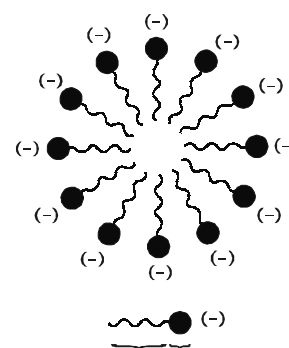
- (a) Minyak dan air jika dicampurkan membentuk emulsi yang tidak stabil.  
 (b) Setelah ditambahkan sabun, terbentuk emulsi minyak-air yang stabil. Rantai karbon larut dalam minyak, dan gugus karboksil larut dalam air.

Sumber: *journeytoforever.org*

Jika sabun ditambahkan ke dalam emulsi minyak dan air maka emulsi tersebut menjadi stabil, tidak terpisah lagi (**Gambar 9.6b**). Hal ini disebabkan oleh bagian ekor sabun akan melarutkan butiran minyak, dan bagian kepala akan berada dan larut dalam air.

Butiran-butiran minyak seolah-olah larut dalam air dengan bantuan sabun. Dalam hal ini, peranan sabun dapat dijelaskan sebagai berikut.

- 1) Bagian ekor sabun masuk (larut) ke dalam butiran minyak sebab sama-sama nonpolar.
- 2) Bagian kepala sabun berada di luar permukaan butiran minyak sebab bersifat polar (tidak larut dalam minyak). Bagian kepala larut dalam air sebab sama-sama polar.
- 3) Oleh karena bagian kepala sabun bermuatan negatif maka setiap butiran minyak seolah-olah dikelilingi oleh satu lapisan bermuatan negatif membentuk *misel* (lihat **Gambar 9.7**).
- 4) Muatan negatif yang mengelilingi butiran minyak mengadakan tolak-menolak satu sama lain sehingga butiran-butiran minyak tidak akan bergabung membentuk lapisan minyak seperti semula. Jadi, sabun dikatakan menstabilkan emulsi minyak-air.



**Gambar 9.7**

**Misel**

Butiran minyak seolah-olah dikelilingi oleh lapisan bermuatan negatif.

### b. Sabun sebagai Pencuci

*Sabun biasanya garam natrium stearat atau natrium palmitat.* Rumus umum sabun adalah R-COONa, dengan R adalah alkil dari hidrokarbon. Sabun yang dibuat dari garam natrium stearat, memiliki rumus:



Jika sabun dari garam stearat dilarutkan dalam air maka akan terionisasi sebagai berikut.

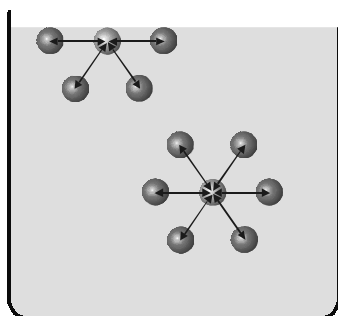


Ion stearat terdiri atas dua gugus, yaitu kepala ( $-\text{COO}^{-}$ ) bersifat ionik dan *hidrofil*, serta ekor ( $\text{C}_{17}\text{H}_{35}^{-}$ ) bersifat *hidrofob*.

**Kata Kunci**

- Garam natrium/kalium karbositat
- Bagian ekor sabun
- Bagian kepala sabun
- Misel
- Hidrofil
- Hidrofob

Tindakan sabun dalam membersihkan pakaian dari kotoran berdasarkan pada sifat kedua ujung ion stearat ini. Secara umum tindakan sabun dalam mencuci pakaian dibagi dalam dua tahap, yaitu tahap pembasahan (*wetting*) dan tahap pencucian (*cleaning*).



**Gambar 9.8**

Tarik-menarik antarmolekul air

### 1) Tahap Pembasahan

Semua molekul air akan tarik-menarik satu sama lain. Di dalam air, kekuatan baku-tarik ini seimbang dalam segala arah. Akan tetapi, di permukaan air akan terbentuk dua arah gaya tarik yaitu gaya tarik ke arah dalam dan gaya tarik ke arah samping, seperti ditunjukkan pada **Gambar 9.8**.

Kedua arah tarikan ini menyebabkan air memiliki suatu gaya tegang. Gaya ini dinamakan *tegangan permukaan air*. Sifat dari tegangan permukaan menghalangi air untuk membasahi suatu objek yang akan dicuci.

Jika sabun dicampurkan ke dalam air maka partikel-partikel sabun akan larut di dalam air dan tersebar di antara molekul-molekul air. Penyebaran ini menurunkan gaya tarik antarmolekul air. Penurunan gaya tarik ini melemahkan tegangan permukaan air. Dengan melemahnya tegangan permukaan air maka air dapat membasahi objek yang akan dicuci dengan mudah.

### 2) Tahap Pencucian

Pakaian yang akan dicuci biasanya terdapat kotoran berupa lemak. Jika sabun diaduk bersama-sama pakaian yang berlemak maka ujung hidrofob akan larut dalam lemak, sedangkan ujung hidrofil berada dalam medium air.

Selama pencucian, pergerakan molekul-molekul air akan menarik bagian kepala molekul sabun, dan kepala molekul sabun akan menarik bagian ekornya. Akibat tarikan itu, bagian ekor akan menarik lemak hingga pecah dan terpisah dari permukaan pakaian.

Lemak yang terlepas dari pakaian dibawa oleh gerakan air. Kotoran yang melekat pada lemak juga akan turut lepas. Lemak bersama-sama sabun dalam air akan membentuk emulsi.

## Kata Kunci

- Detergen alam
- Detergen sintetik
- Gugus fungsi ion sulfonat/sulfat



Sumber: wingscorp.com

**Gambar 9.9**

Salah satu jenis detergen komersial menggunakan bahan LAS (lauril alkil sulfonat).

## 2. Detergen

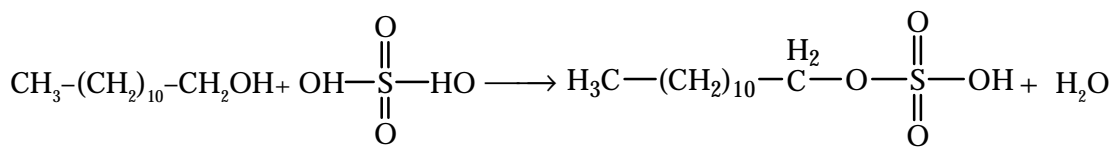
Detergen tergolong bahan yang digunakan sebagai pencuci. Detergen dibagi dalam dua jenis yaitu detergen alam dan detergen sintetik. Detergen alam dibuat dari minyak hewan atau minyak sayuran seperti sabun mandi. Detergen sintetik biasanya dibuat dari minyak bumi.

Detergen agak berbeda dari sabun. Sabun adalah garam natrium dari asam karboksilat, sedangkan detergen adalah *garam natrium dari asam sulfonat*, seperti natrium alkil sulfat dan natrium alkilbenzen sulfonat.

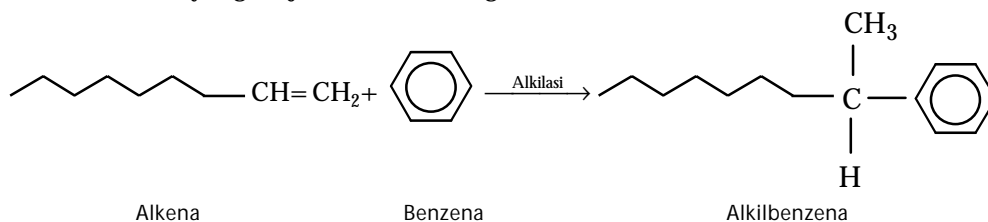
Sabun dan detergen memiliki gugus fungsi berbeda. Sabun memiliki gugus fungsi ion karboksilat ( $\text{COO}^-$ ), sedangkan detergen memiliki gugus fungsi ion sulfonat ( $\text{SO}_3^-$ ) atau ion sulfat ( $\text{O-SO}_3^-$ ).

Bagian ekor yang telah dikembangkan untuk pembuatan detergen adalah alkil sulfat dan alkilbenzena sulfonat. Rantai alkil sulfat mengandung 10–18 atom karbon. Rantai ini berasal dari alkohol, seperti lauril alkohol.

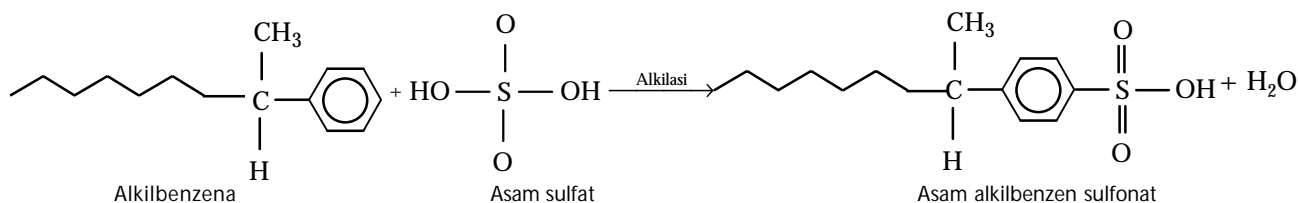
Reaksi lauril alkohol dengan asam sulfat pekat menghasilkan asam sulfonat. Asam ini selanjutnya direaksikan dengan natrium hidroksida membentuk natrium lauril sulfat. Persaman reaksinya:



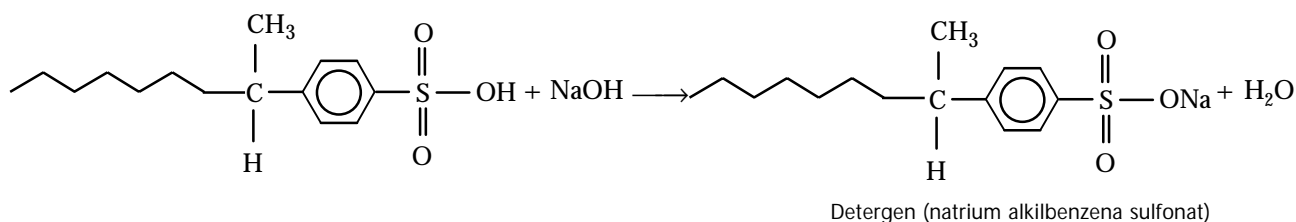
Rantai alkilbenzena sulfonat berasal dari minyak bumi. Rantai ini dibentuk dari rantai alkena lurus (10–12 atom karbon) dengan cincin benzena. Alkilbenzena yang dihasilkan, kemudian direaksikan dengan asam sulfat pekat membentuk asam alkilbenzen sulfonat. Selanjutnya asam ini dinetralkan oleh natrium hidroksida membentuk detergen. Contoh reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Selanjutnya, alkilbenzena direaksikan dengan asam sulfat.



Bagian ekor yang dihasilkan di atas selanjutnya direaksikan dengan natrium hidroksida membentuk detergen. Contoh:



Mekanisme reaksi pembuatan detergen

Asam alkilbenzena sulfonat bereaksi dengan natrium hidroksida membentuk detergen natrium alkilbenzen sulfonat (ABS), sedangkan lauril hidrogen sulfat bereaksi dengan natrium hidroksida membentuk detergen natrium lauril sulfat (LAS).

### Tes Kompetensi Subbab C

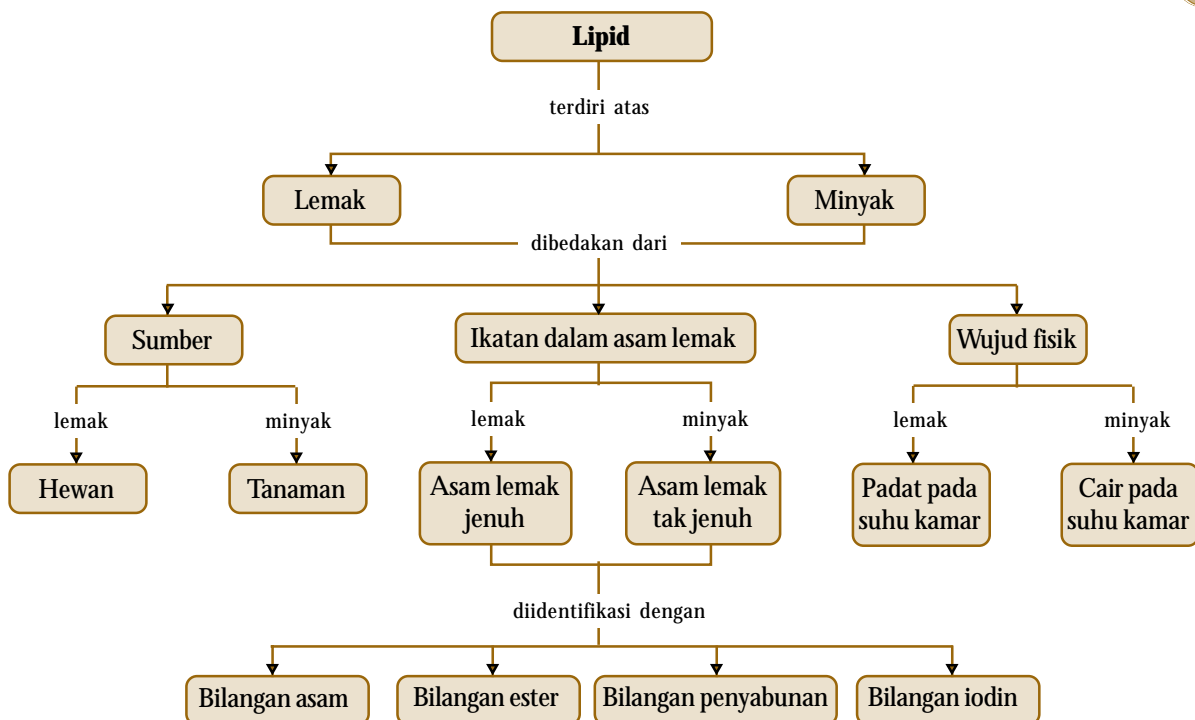
Kerjakanlah di dalam buku latihan.

1. Terangkan kembali dengan kalimat Anda sendiri, bagaimana sabun digunakan sebagai pengemulsi.
2. Mengapa air saja tidak cukup melarutkan kotoran pada pakaian Anda?
3. Apa yang dimaksud dengan *misel*?
4. Tuliskan persamaan reaksi pembentukan sabun natrium palmitat.

## Rangkuman

1. Lemak dan minyak adalah trigliserida, yaitu suatu triester gliserol dan asam lemak rantai panjang. Lemak dan minyak memiliki sifat-sifat serupa ester, yaitu dapat dihidrolisis, dioksidasi, dan dihidrogenasi pada ikatan rangkapnya.
2. Asam karboksilat dalam lemak dan minyak pada umumnya mengandung jumlah atom karbon genap dan ikatan rangkap dengan struktur *cis*. Lemak tak jenuh diperlukan oleh tubuh untuk menjaga kesehatan, sedangkan lemak jenuh perlu dihindari sebab dapat meningkatkan kadar kolesterol dalam darah yang berpotensi penyakit jantung.
3. Identifikasi lemak dapat ditentukan menggunakan metode kuantitatif, seperti bilangan asam, bilangan ester, bilangan penyabunan, dan bilangan iodin. Pada umumnya, minyak mengandung lebih banyak asam lemak tak jenuh daripada asam lemak jenuh.
4. Sabun adalah garam logam alkali dari asam-asam karboksilat. Adapun detergen adalah garam sulfonat atau sulfat yang mengandung rantai hidrokarbon panjang. Sabun dan detergen dibuat berdasarkan pada sifat dwikutub (dipolar) dari molekul atau ionnya.

## Peta Konsep



## Refleksi

Apakah Anda merasa kesulitan dalam memahami materi pada Bab 9 ini? Bagian manakah dari materi Bab 9 ini yang tidak Anda kuasai? Jika Anda merasa kesulitan diskusikan dengan teman atau guru Anda.

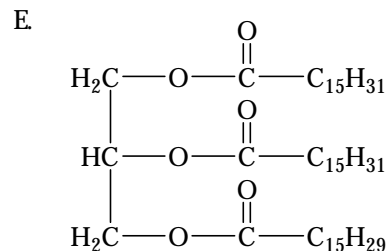
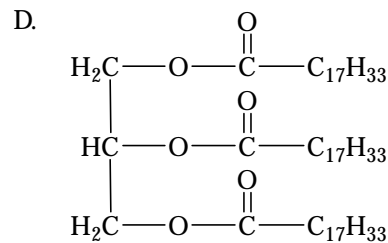
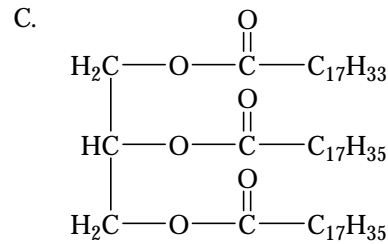
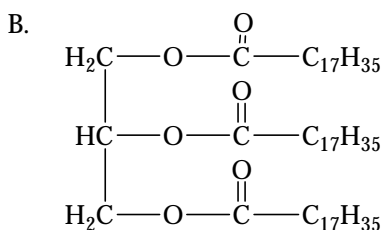
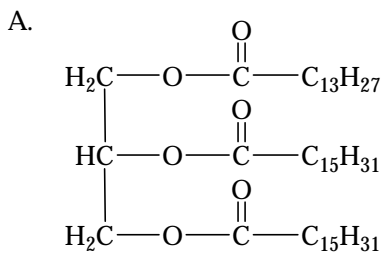
Pada bab ini Anda telah memahami sifat kimia dan fisika lemak; mengetahui penataan nama lemak atau minyak; menentukan bilangan asam suatu lemak atau minyak; serta memahami karakterisasi lemak dan minyak

secara konvensional; dan mengetahui jenis makanan yang dapat menyehatkan dan mana yang tidak.

Pada bab ini Anda juga telah mengetahui bahwa pembuatan sabun dan detergen diperoleh melalui hidrolisis lemak, begitu pula dengan pembuatan margarin yang berasal dari hidrogenasi minyak menjadi lemak. Cari tahu oleh Anda manfaat lain dari lemak atau minyak.

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

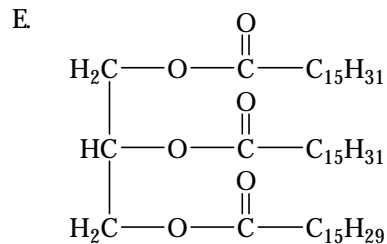
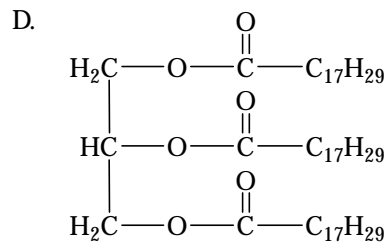
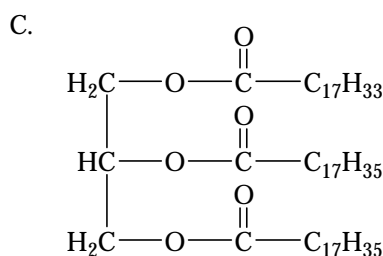
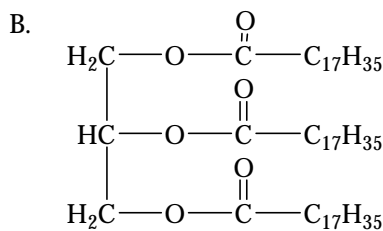
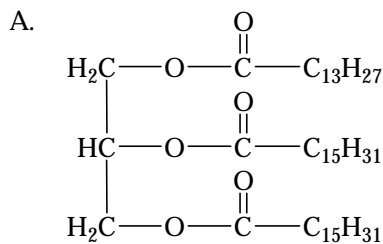
- Lemak adalah senyawa karbon yang termasuk golongan ....
  - polialkohol
  - ester
  - asam karboksilat
  - aldehida
  - eter
- Lemak dan minyak mengandung jenis unsur yang sama, yaitu C, H, O. Perbedaannya terletak pada ....
  - struktur molekul
  - jumlah asam lemak
  - ikatan antaratom karbon
  - kereaktifan gugus ester
  - jenis gugus polihidroksi
- Ciri utama asam karboksilat dalam lemak adalah ....
  - mengandung gugus karboksilat
  - memiliki rantai karbon yang panjang
  - memiliki ikatan rangkap dua
  - dapat dihidrolisis
  - membentuk sabun dengan logam alkali
- Pernyataan berikut yang sesuai dengan gliserol adalah ....
  - sukar larut dalam air, tetapi larut dalam eter
  - merupakan alkohol tersier
  - nama IUPAC: 1,2-propanadiol
  - tergolong senyawa polihidroksi
  - berupa cairan kental dan beracun
- Di antara struktur berikut yang merupakan struktur minyak adalah ....



- Jika lemak dihidrolisis dengan larutan NaOH, salah satu produknya adalah ....
  - propanol
  - gliserol
  - nitrogliserin
  - ester
  - asam asetat
- Pada pembuatan margarin, untuk menghidrogenasi sempurna 1 mol trigliserida dari asam linolenat,  $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$ , diperlukan gas hidrogen sebanyak ....
  - 2 mol
  - 3 mol
  - 4 mol
  - 5 mol
  - 6 mol
- Reaksi  $\text{RCOOR} + \text{NaOH} \rightarrow \text{RCOONa} + \text{ROH}$  dinamakan reaksi ....
  - penyabunan
  - esterifikasi
  - pirolisis
  - penggaraman
  - hidrolisis



9. Reaksi penyabunan adalah reaksi antara ....
- gliserol dan NaOH
  - etanol dan NaOH
  - asam karboksilat dan NaOH
  - gliserida dan NaOH
  - gliserol dan asam lemak
10. **UMPTN 1999/B:**  
Untuk menentukan adanya ikatan rangkap digunakan pereaksi brom. Reaksi yang terjadi pada penentuan ini adalah reaksi ....
- substitusi
  - adisi
  - oksidasi
  - eliminasi
  - reduksi
11. Satu molekul gliserol bereaksi dengan tiga molekul palmitoleat. Nama senyawa yang terbentuk adalah ....
- trigliserin
  - tripalmitolein
  - trigliserida
  - tripalmitoleat
  - gliserilpalmitoleat
12. Lemak dengan nama gliseril trilinoleat memiliki struktur ....



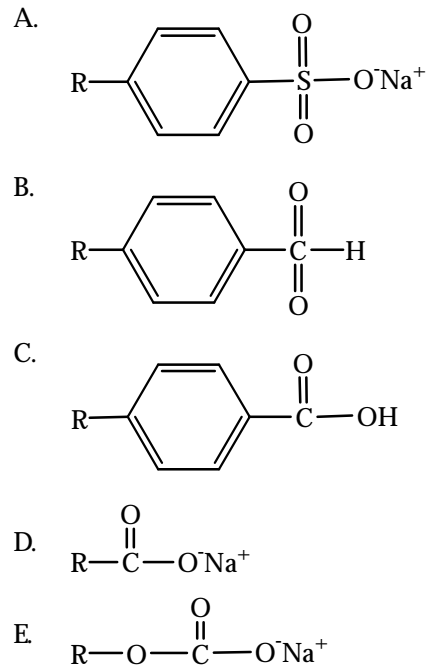
13. Bilangan yang menyatakan kadar asam lemak bebas dalam suatu lemak atau minyak dengan cara reaksi penetralan disebut ....
- bilangan asam
  - bilangan penyabunan
  - bilangan ester
  - bilangan iodin
  - bilangan penetralan
14. Bilangan yang menunjukkan jumlah ikatan rangkap dalam lemak atau minyak adalah ....
- bilangan asam
  - bilangan penyabunan
  - bilangan ester
  - bilangan iodin
  - bilangan penetralan
15. Jika pada titrasi 10 mg lemak memerlukan 15 mL KOH 0,1 M untuk mencapai titik akhir titrasi maka bilangan asamnya adalah ....
- |         |        |
|---------|--------|
| A. 15,0 | D. 8,4 |
| B. 12,5 | E. 7,5 |
| C. 10,0 |        |
16. Di antara asam-asam lemak berikut yang memiliki bilangan iodin paling tinggi adalah ....
- asam stearat
  - asam linoleat
  - asam palmitat
  - asam linolenat
  - asam oleat
17. Pada penentuan BI, iodin yang terbentuk dititrasi dengan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Jumlah elektron yang terlibat dalam reaksi redoks ini adalah ....
- |      |      |
|------|------|
| A. 2 | D. 5 |
| B. 3 | E. 6 |
| C. 4 |      |

18. Di antara bahan makanan berikut yang mengandung kolesterol paling rendah adalah ....
- A. susu                      D. daging sapi  
B. telur                      E. madu  
C. daging ayam
19. Di antara asam lemak berikut yang tergolong asam lemak esensial adalah ....
- A. asam laurat  
B. asam palmitat  
C. asam stearat  
D. asam linolenat  
E. asam butirat
20. Di antara minyak berikut yang dapat menjaga kesehatan dalam jumlah yang cukup adalah ....
- A. minyak kelapa  
B. minyak sawit  
C. minyak jagung  
D. minyak jarak  
E. minyak kacang
21. Vitamin yang tidak larut dalam lemak adalah vitamin ....
- A. A                          D. E  
B. C                          E. K  
C. D
22. Prostaglandin adalah senyawa yang mengatur keseimbangan efek-efek biologis. Pembentukan prostaglandin dapat dihambat dengan adanya ....
- A. asam salisilat              D. kafein  
B. aspirin                      E. streptomisin  
C. penisilin
23. Prostaglandin dapat dibiosintesis dari asam lemak ....
- A. palmitat                  D. laurat  
B. stearat                      E. miristat  
C. linolenat

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.**

- Sebutkan perbedaan sifat-sifat lemak dan minyak. Mengapa minyak dan lemak berbeda, padahal struktur dan jenis unsur yang dikandungnya sama?
- Suatu lemak setelah disaponifikasi dan diasamkan, menghasilkan dua ekuivalen asam palmitat dan satu ekuivalen asam oleat. Gambarkan struktur dari asam lemak tersebut.
- Suatu trigliserida mengandung dua satuan asam stearat dan satu satuan asam palmitoleat. Apakah produk utamanya jika diolah dengan:
  - larutan NaOH dan dipanaskan.
  - gas hidrogen dengan katalis Ni, pada suhu dan tekanan tinggi.
  - ditambah bromin dalam CCl<sub>4</sub>?

24. Di dalam air, ion-ion sabun yang berasal dari asam lemak membentuk ....
- A. ikatan hidrogen  
B. misel  
C. rantai polimer  
D. *swelling*  
E. endapan minyak
25. Rumus struktur detergen adalah ....



- Apakah perbedaan dan kesamaan antara:
  - bilangan asam dan bilangan penyabunan;
  - bilangan ester dan bilangan penyabunan?
- Mengapa lemak tidak jenuh diperlukan dalam diet manusia bagi kesehatan? Jelaskan.
- Apa perbedaan utama antara sabun dan detergen? Apa pula kesamaannya?

# Proyek Semester 2



## Uji Makanan

Kita memerlukan makanan sebagai sumber nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh untuk pertumbuhan dan kesehatan. Nutrisi yang dibutuhkan tersebut di antaranya; karbohidrat (glukosa yang terdapat dalam gula, dan pati yang terdapat dalam makanan berenergi tinggi, seperti, nasi, roti, dan kentang); sumber protein yang dapat diperoleh dari berbagai macam makanan, seperti daging dan kacang-kacangan; serta lemak yang mengandung asam lemak jenuh (terdapat dalam margarin, dan daging); dan minyak yang mengandung asam lemak takjenuh (seperti, minyak dapur atau minyak kelapa sawit). Pada proyek Semester 2 ini, Anda ditugaskan untuk mengidentifikasi golongan senyawa pada produk-produk yang mudah diperoleh di sekitar Anda, seperti di supermarket atau tempat perbelanjaan lainnya. Kemudian, buatlah laporan pengamatan kelompok Anda berupa karya tulis yang diserahkan kepada guru Anda sebelum ujian semester 2.

### Tujuan

Untuk mengidentifikasi gula pereduksi, pati, protein, lemak, dan minyak.

### Alat dan Bahan

- |                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| 1. Tabung reaksi    | 7. Air beras           |
| 2. Gelas kimia      | 8. Larutan iodin       |
| 3. Penangas air     | 9. Larutan putih telur |
| 4. Pembakar bunsen  | 10. Larutan biuret     |
| 5. Larutan gula     | 11. Larutan etanol     |
| 6. Larutan Benedict | 12. Air                |

### Langkah Kerja

#### Uji gula pereduksi

1. Siapkan penangas air.
2. Larutkan gula dalam 10 mL air dalam tabung reaksi.
4. Tambahkan beberapa tetes larutan Benedict dalam larutan gula.
5. Kemudian, panaskan tabung reaksi dalam penangas air.
6. Amati perubahan warna yang terjadi.

#### Uji pati

1. Kocok sedikit air beras dengan air dalam gelas kimia kecil.
2. Kemudian, tambahkan beberapa tetes larutan iodin.
3. Amati perubahan warna yang terjadi pada larutan iodin.

#### Uji protein

1. Sediakan larutan protein yang berasal dari putih telur ke dalam tabung reaksi.
2. Tambahkan beberapa tetes larutan biuret pada larutan.
3. Amati perubahan warna yang terjadi pada larutan biuret.

#### Uji lemak/minyak

1. Sediakan minyak dapur dalam tabung reaksi.
2. Tambahkan sedikit larutan etanol.
3. Tutup tabung reaksi dan kocok.
4. Kemudian, tambahkan beberapa volume air dan kocok kembali.
5. Amati perubahan yang terjadi.

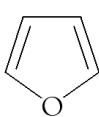
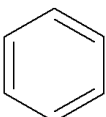
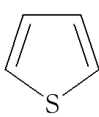
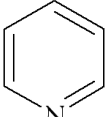
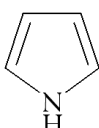


# Evaluasi Kompetensi Kimia

## Semester 2

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

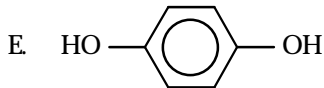
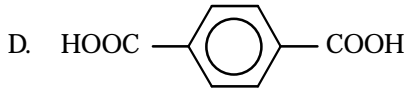
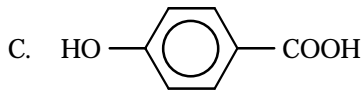
- Berikut adalah bahan yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari:
  - polivinil klorida
  - kloroform
  - isoprena
  - karbon tetrakloridaPasangan senyawa yang tergolong haloalkana adalah ....
  - 1 dan 2
  - 1 dan 3
  - 1 dan 4
  - 2 dan 3
  - 2 dan 4
- Di antara senyawa alkohol berikut yang *tidak* dapat dioksidasi adalah ....
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
  - $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$
  - $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{OH}$
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$
  - $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$
- Di antara senyawa berikut yang memiliki isomer optik adalah ....
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
  - $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$
  - $\text{HOOCCH}_2\text{COOH}$
  - $\text{CH}_3\text{COCOCH}_3$
  - $\text{CH}_3\text{COOH}$
- Perlakuan berikut yang *tidak* dapat diterapkan untuk membedakan alkohol dan eter adalah ....
  - kelarutan dalam air
  - reaksi esterifikasi
  - reaksi dengan logam natrium
  - reaksi dengan  $\text{PCl}_3$
  - penentuan rumus molekul
- Jika 1-butanol didehidrasi oleh asam sulfat pekat berlebih pada suhu  $240^\circ\text{C}$ , hasil yang terbentuk adalah ....
  - $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2$
  - $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_3$
- Senyawa alkohol berikut ini yang *tidak* dapat dioksidasi oleh larutan  $\text{KMnO}_4$  atau  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dalam suasana asam adalah ....
  - 3-pentanol
  - 3-metil-2-butanol
  - 3,3-dimetil-2-butanol
  - 4-metil-2-pentanol
  - 2-metil-2-butanol
- Reaksi identifikasi untuk mengenal gugus  $-\text{CHO}$  pada alkanal adalah ....
  - gas  $\text{H}_2$  membentuk alkohol
  - logam Na membentuk alkoksida
  - $\text{PCl}_3$  membentuk  $\text{R}-\text{Cl}$
  - tes Tollen membentuk endapan Ag
  - gas brom membentuk dibromo alkana
- Diketahui empat senyawa karbon:
  - $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$
  - $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CHO}$
  - $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}-\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$Pasangan senyawa yang berisomeri fungsional adalah ....
  - 1 dan 3
  - 2 dan 4
  - 2 dan 3
  - 1 dan 4
  - 1 dan 2
- Senyawa berikut merupakan isomer dari asam pentanoat, *kecuali* ....
  - dietil keton
  - propil asetat
  - 2-metil butanoat
  - butil formiat
  - etil propanoat
- Alkohol dan eter memiliki rumus molekul sama, tetapi titik didih alkohol jauh lebih tinggi daripada eter. Hal ini disebabkan ....
  - rumus bangun alkohol dan eter tidak sama
  - eter mengandung dua gugus alkil
  - massa jenis eter lebih kecil dari alkohol
  - antarmolekul-molekul alkohol terdapat ikatan hidrogen
  - kalor penguapan alkohol lebih tinggi
- Zat berikut yang dapat membentuk cermin perak apabila direaksikan dengan tes Tollen adalah ....
  - $\text{CH}_3\text{COCH}_3$
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$
  - $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$
  - $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{OH}$
- Pernyataan yang *benar* tentang aseton di bawah ini adalah ....
  - dapat bereaksi dengan larutan Fehling
  - dapat teroksidasi menghasilkan asam propanoat
  - merupakan hasil oksidasi alkohol primer
  - merupakan hasil dari oksidasi alkohol sekunder
  - mempunyai titik didih paling tinggi dalam deret homolognya

13. Hasil reaksi antara asam propionat dengan etanol adalah ....  
 A.  $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$  D.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOC}_3\text{H}_7$   
 B.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOC}_2\text{H}_5$  E.  $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOCH}_3$   
 C.  $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOC}_2\text{H}_5$
14. Jika propena direaksikan dengan brom dalam karbon tetraklorida, hasilnya adalah ....  
 A. 1-bromopropana  
 B. 2-bromopropana  
 C. siklopropana  
 D. 1,2-dibromopropana  
 E. 1,3-dibromopropana
15. Di antara asam karboksilat berikut yang paling asam adalah ....  
 A.  $\text{CH}_3\text{-CO}_2\text{H}$  D.  $(\text{CH}_3)_3\text{C-CO}_2\text{H}$   
 B.  $\text{H-CO}_2\text{H}$  E.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CO}_2\text{H}$   
 C.  $\text{Cl}_3\text{C-CO}_2\text{H}$
16. Jika benzena dinitrasi menggunakan campuran asam nitrat pekat dan asam sulfat pekat, spesi mana yang pertama kali menyerang molekul benzena adalah ....  
 A.  $\text{NO}_3^-$  D.  $\text{HNO}_3$   
 B.  $\text{NO}^{2+}$  E.  $\text{HSO}_4^-$   
 C.  $\text{NO}_2^+$
17. Jenis reaksi benzena dengan asam nitrat yang mengandung asam sulfat adalah ....  
 A. eliminasi D. oksidasi  
 B. substitusi E. esterifikasi  
 C. adisi
18. Di antara senyawa berikut yang disebut benzalklorida adalah ....  
 A.  $\text{ClC}_6\text{H}_5$  D.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CCl}_3$   
 B.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl}$  E.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHCl}_2$   
 C.  $\text{ClC}_6\text{H}_4\text{CH}_3$
19. Senyawa berikut yang merupakan basa paling kuat adalah ....  
 A.  D.   
 B.  E.   
 C. 
20. Metilbenzena dapat dibuat dari benzena dan bromometana dengan katalis besi(III) bromida. Reaksi yang terjadi dinamakan ....  
 A. adisi D. reduksi  
 B. substitusi E. oksidasi  
 C. eliminasi
21. Di antara senyawa berikut yang dapat digunakan untuk melakukan reaksi oksidasi metilbenzena menjadi asam benzoat atau ion benzoat adalah ....  
 A. klor  
 B. asam nitrat pekat dan asam sulfat pekat  
 C. hidrogen peroksida  
 D. larutan iodium dalam natrium hidroksida  
 E. larutan kalium permanganat(VII)
22. Di antara zat berikut yang akan menghasilkan klorobenzena apabila gas klor ini dilewatkan adalah ....  
 A. iodobenzena pada  $20^\circ\text{C}$   
 B. bromobenzena dengan adanya Fe  
 C. benzena dalam cahaya matahari  
 D. bromobenzena dalam cahaya matahari  
 E. benzena dengan adanya besi
23. Senyawa berikut yang *bukan* monomer untuk pembuatan plastik adalah ....  
 A. isoprena D. propilena  
 B. vinil klorida E. tetrafluoroetilen  
 C. stirena
24. Polimer yang dibentuk dari kondensasi glukosa dinamakan polisakarida. Senyawa berikut yang termasuk polisakarida adalah ....  
 A. protein D. enzim  
 B. kanji E. peptida  
 C. DNA
25. Polimer yang mempunyai satuan berulang:  $(-\text{CH}_2-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-)$  dapat dibentuk melalui polimerisasi suatu campuran dari ....  
 A.  $\text{CH}_3\text{CCl}=\text{CH}_2$  dan  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$   
 B.  $\text{CH}_2=\text{CHCl}$  dan  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$   
 C.  $\text{CH}_2=\text{CClCH}=\text{CH}_2$  dan  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$   
 D.  $\text{CH}_2=\text{CHCl}$  dan  $\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CH}_2$   
 E.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$  dan  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$
26. PVC adalah suatu plastik sebagai hasil polimerisasi dari ....  
 A.  $\text{ClHC}=\text{CHCl}$  D.  $\text{H}_2\text{C}=\text{CCl}_2$   
 B.  $\text{ClHC}=\text{CCl}_2$  E.  $\text{Cl}_2\text{C}=\text{CCl}_2$   
 C.  $\text{H}_2\text{C}=\text{CHCl}$
27. Polikarbonat dibuat dari reaksi bisfenol A (BPA) dengan fosgen ( $\text{COCl}_2$ ):  

$$\left( \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH} \right)_n + n \text{COCl}_2$$

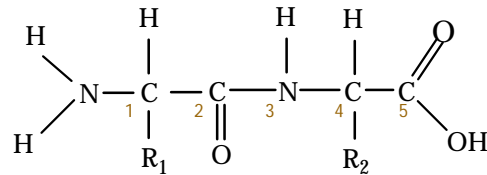
$$\xrightarrow{\text{Zn NaOH/Katalis}} \text{Polikarbonat} + 2n \text{NaCl} + 2n \text{H}_2\text{O}$$
 Polimerisasi reaksi yang terjadi secara ....  
 A. adisi D. ionik  
 B. kondensasi E. kationik  
 C. radikal bebas
28. Di antara senyawa berikut yang paling mungkin bereaksi dengan etana-1,2-diol (etilen glikol) membentuk suatu polimer adalah ....

- A.  $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$   
 B.  $\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$



29. Glukosa dan fruktosa berbeda secara struktur sebab ....  
 A. glukosa suatu aldehid, sedangkan fruktosa suatu eter  
 B. glukosa suatu keton, sedangkan fruktosa suatu aldehid  
 C. glukosa suatu aldehid, sedangkan fruktosa suatu keton  
 D. glukosa suatu aldehid, sedangkan fruktosa suatu eter  
 E. glukosa suatu amida, sedangkan fruktosa suatu asam
30. Di antara karbohidrat berikut yang *tidak* mengalami hidrolisis adalah ....  
 A. fruktosa                      D. amilum  
 B. maltosa                        E. selulosa  
 C. laktosa
31. Hidrolisis pati dengan asam klorida encer menghasilkan ....  
 A. amilum                        D. sukrosa  
 B. laktosa                        E. fruktosa  
 C. maltosa
32. Jika disakarida,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  dihidrolisis dalam larutan HCl encer terbentuk monosakarida:  
 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{H}^+} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$   
 Jika disakarida tersebut laktosa, monosakarida yang terbentuk adalah ....  
 A. glukosa dan glukosa  
 B. glukosa dan galaktosa  
 C. fruktosa dan galaktosa  
 D. glukosa dan fruktosa  
 E. fruktosa dan fruktosa
33. Pernyataan berikut ini yang benar tentang polisakarida adalah ....  
 A. struktur molekul glikogen dapat bercabang dengan titik cabang pada (1 → 4) glikosidik  
 B. ikatan antarmonomer di dalam pati adalah ikatan β(1 → 4) glikosidik  
 C. selulosa tidak dapat dicerna oleh manusia sebab memiliki ikatan γ-glikosidik  
 D. jika ke dalam pati ditambahkan iodum akan terbentuk warna coklat dari iodomilum  
 E. pati dan selulosa memiliki monomer yang sama yaitu β-D-galaktosa

34. Pereaksi yang sering digunakan untuk identifikasi glukosa dalam urine adalah ....  
 A. Fehling                        D. Molisch  
 B. Benedict                      E. Tauber  
 C. Barfoed
35. Pernyataan berikut yang *tidak* tepat untuk protein adalah ....  
 A. protein terbentuk dari asam amino melalui polimerisasi  
 B. protein dengan larutan NaOH dan  $\text{CuSO}_4$  memberi warna ungu  
 C. protein jika dihidrolisis, akan menghasilkan asam amino  
 D. asam amino penyusun protein adalah asam α-amino, asam β-amino, dan asam γ-amino.  
 E. terjadi ikatan peptida di antara setiap dua monomer protein
36. Perhatikan struktur dipeptida berikut.

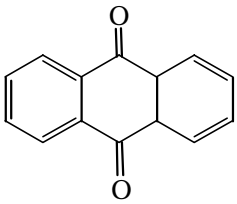
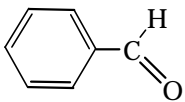
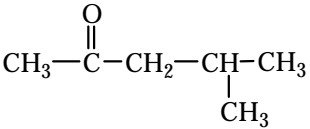


Ikatan peptida ditunjukkan oleh nomor ....

- A. 1                                      D. 4  
 B. 2                                      E. 5  
 C. 3
37. Suatu protein dapat memiliki struktur α-heliks. Hal ini disebabkan adanya ...  
 A. muatan positif dan negatif sama  
 B. ikatan hidrogen intramolekul  
 C. ikatan hidrogen antarmolekul  
 D. ikatan peptida  
 E. gaya van der Waals
38. Suatu protein dapat memiliki struktur sekunder karena memiliki ....  
 A. muatan positif dan negatif sama  
 B. ikatan hidrogen intramolekul  
 C. ikatan hidrogen antarmolekul  
 D. ikatan peptida  
 E. gaya van der Waals
39. Gugus fungsi yang membentuk ikatan peptida dalam protein adalah ....  
 A. amino dengan aldehid  
 B. amida dengan hidroksil  
 C. amida dengan karboksil  
 D. amino dengan karboksil  
 E. amino dengan hidroksil
40. Pereaksi yang cocok untuk menguji adanya tirosin fenilalanin dan triptofan (mengandung inti benzena) di dalam protein adalah ....

- A. Xantoprotein      D. nitroprusida  
 B. Hopkin-cole      E. Sakaguchi  
 C. Millon
41. Ikatan peptida antarasam amino yang terdapat dalam protein adalah terbentuk dari gabungan gugus ....  
 A. alkohol dan metil  
 B. metil dan amino  
 C. amino dan gugus karboksil  
 D. karboksil dan metil  
 E. amonia dan alkohol
42. Jika lemak dihidrolisis dengan larutan NaOH, salah satu produknya adalah ....  
 A. air                      D. nitrogliserin  
 B. ester                    E. gliserol  
 C. asam stearat
43. Di antara minyak-minyak berikut yang baik bagi kesehatan jika dikonsumsi dalam jumlah memadai adalah ....
- A. minyak kelapa kopra  
 B. minyak kelapa sawit  
 C. minyak jagung  
 D. minyak kacang  
 E. minyak jarak
44. Di antara minyak-minyak berikut yang paling banyak mengandung lemak jenuh adalah ....  
 A. minyak kelapa kopra  
 B. minyak kelapa sawit  
 C. minyak jagung  
 D. minyak kacang  
 E. minyak jarak
45. Pada pembuatan margarin, untuk menghidrogenasi sempurna 1 mol trigliserida dari asam linoleat,  $C_{17}H_{31}COOH$  diperlukan gas hidrogen sebanyak ....  
 A. 2 mol                      D. 5 mol  
 B. 3 mol                      E. 6 mol  
 C. 4 mol

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.**

1. *Mycomycin* adalah antibiotik alam yang dihasilkan dari jamur *Nocardia acidophilus*. Rumus molekul *mycomycin* adalah  $C_{13}H_{10}O_2$ , dan nama sistematisnya asam 3,5,7,8-tridekatetraena-10,12-dionat. Gambarkan struktur *mycomycin*.
2. Terangkan uji kimia yang dapat membedakan antara:  
 a. Propionaldehid (propanal) dan aseton (propanon)  
 b.  $CH_2=CH-C \equiv C-CH \equiv CH_2$  dan benzena  
 c. asam asetat dan asetaldehid (etanal)  
 d. toluen (metilbenzen) dan 2-metilsikloheksena
3. Identifikasikan apakah senyawa berikut tergolong asam karboksilat, ester, keton, atau aldehid.  
 a. 
- b. 
- c. 
4. Sikloheksanol,  $C_6H_{11}OH$  dioksidasi oleh krom trioksida,  $CrO_3$ , dalam larutan asam menjadi sikloheksana,  $C_6H_{10}O$ . Krom trioksida direduksi menjadi  $Cr^{3+}$ . Tuliskan persamaan setara untuk reaksi tersebut.
5. Hasil analisis cuplikan senyawa adalah: 87,5% N dan 12,5% H (menurut massa).  
 a. Tentukan rumus empirisnya.  
 b. Tuliskan rumus struktur yang mungkin untuk senyawa tersebut, diketahui bahwa senyawa itu hanya berikatan kovalen tunggal.  
 c. Pada kondisi bagaimana senyawa tersebut bereaksi dengan feniletanon?
6. Pada pembuatan etil benzoat dari etanol dan asam benzoat, pereaksi dididihkan dalam refluks dan HCl kering dialirkan ke dalam campuran.  
 a. Tuliskan persamaan kimia setara untuk reaksi tersebut.  
 b. Berikan alasan mengapa dalam reaksi ini digunakan HCl kering.  
 c. Mengapa HCl kering lebih baik daripada  $H_2SO_4$  pekat pada reaksi pengesteran ini?  
 d. Apakah yang dimaksud dengan istilah pengasilan?
7. Monomer apa yang digunakan untuk membentuk polimer berikut.  

$$\begin{array}{ccccccc} \sim\sim\sim & CH & - & CH_2 & - & CH & - & CH_2 & - & CH & \sim\sim\sim \\ & | & & & & | & & & & | & \\ & F & & & & F & & & & F & \end{array}$$
8. Sebanyak 10,0 g trigliserida dihidrolisis dengan natrium hidroksida, menghasilkan gliserol dan tiga mol natrium streat ( $C_{17}H_{35}COONa$ ). Berapa gram NaOH yang diperlukan untuk hidrolisis ini?

# Evaluasi Kompetensi Kimia

## Akhir Tahun

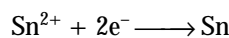
### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

- Penurunan tekanan uap larutan disebabkan oleh ....
  - komponen pelarut dalam fasa uap
  - pelarut dan terlarut tidak bercampur
  - penurunan gaya tarik antarmolekul
  - zat terlarut yang mudah menguap
  - zat terlarut yang sukar menguap
- Jika beberapa asam amino berikut dengan berat yang sama, dilarutkan dalam air maka kenaikan titik didih paling tinggi terjadi pada larutan ....
  - glisin
  - alanin
  - treonin
  - sistein
  - triptofan
- Sebanyak 2,5 g suatu zat dilarutkan dalam 100 g air. Titik beku air mengalami penurunan sebesar 0,25 °C. Massa molekul zat tersebut adalah ....
  - 100
  - 125
  - 186
  - 240
  - 275
- Tiga macam larutan dengan molaritas yang sama: cuka, NaCl, dan CaCl<sub>2</sub> diukur pada suhu yang sama maka perbandingan tekanan osmotik ( $\pi$ ) antara ketiga larutan tersebut adalah ....
  - $\pi$  cuka paling besar
  - $\pi \text{NaCl} > \pi \text{CaCl}_2$
  - $\pi \text{NaCl}_2$  paling tinggi
  - $\pi \text{NaCl} > \text{cuka}$
  - semua sama
- Reaksi ion permanganat dan ion oksalat dalam larutan asam memiliki persamaan berikut.
 
$$\text{MnO}_4^- + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} \longrightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
 Jika persamaan ini disetarakan, jumlah H<sup>+</sup> yang diperlukan ....
  - 8 di kanan
  - 8 di kiri
  - 12 di kiri
  - 16 di kiri
  - 16 di kanan
- Pada setengah reaksi oksidasi metanol menjadi formalin: CH<sub>3</sub>OH → CH<sub>2</sub>O, jumlah elektron yang terlibat adalah ....
  - 0
  - 1
  - 2
  - 3
  - 4
- Diketahui:
 
$$\text{H}^+(aq) | \text{H}_2(g) || \text{Ag}^+(aq) | \text{Ag}(s) \quad E^\circ = 0,8 \text{ V}$$

$$\text{Zn}^{2+}(aq) | \text{Zn}(s) || \text{Ag}^+(aq) | \text{Ag}(s) \quad E^\circ = 1,56 \text{ V}$$

$$\text{Zn}^{2+}(aq) | \text{Zn}(s) || \text{Sn}^{2+}(aq) | \text{Ag}(s) \quad E^\circ = 0,62 \text{ V}$$

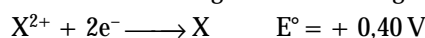
Potensial sel untuk reaksi:



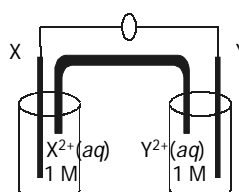
adalah ....

- 0,14 V
- +0,14 V
- 0,7 V
- +0,7 V
- +0,62 V

- Potensial reduksi logam X dan Y sebagai berikut.



Kedua logam tersebut disusun seperti pada gambar berikut.



Berdasarkan gambar tersebut pernyataan yang tepat adalah ....

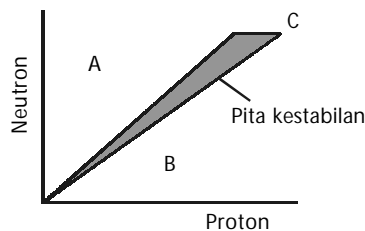
	Ion positif dinetralkan pada elektrode	GGL sel (V)
a.	X	0,1
b.	X	0,7
c.	Y	0,1
d.	Y	0,7
e.	X dan Y	0,7

- Jika n mol elektron dialirkan melalui larutan CuSO<sub>4</sub>, x mol Cu dan y L gas hidrogen (pada STP) diproduksi. Hubungan antara n, x, dan y yang tepat adalah ....
  - $N = X + Y$
  - $n = x + \left(\frac{y}{22,4}\right)$
  - $n = x + \left(\frac{y}{11,2}\right)$
  - $n = 2x + \left(\frac{2y}{22,4}\right)$
  - $n = 2x + \left(\frac{y}{11,2}\right)$
- Pada proses elektrolisis, perbandingan tetapan faraday terhadap tetapan Avodagro sama dengan ....
  - jumlah mol elektron
  - jumlah elektron
  - muatan pada satu elektron
  - muatan pada satu mol elektron
  - muatan pada ion



11. Reaksi redoks antarhalogen berikut dapat terjadi, *kecuali* ....
- larutan KI dengan gas Br<sub>2</sub>
  - larutan KI dengan gas Cl<sub>2</sub>
  - larutan KCl dengan gas Br<sub>2</sub>
  - larutan KCl dengan gas F<sub>2</sub>
  - larutan KBr dengan gas Cl<sub>2</sub>
12. Gas NH<sub>3</sub> dapat dibuat di laboratorium dengan cara ....
- pemanasan campuran (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan K<sub>2</sub>O
  - pemanasan NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>
  - pemanasan NH<sub>4</sub>Cl
  - mengalirkan H<sub>2</sub> ke dalam nitrogen cair
  - elektrolisis larutan NH<sub>4</sub>Cl
13. Pembuatan logam magnesium dilakukan melalui proses ....
- pirolisis
  - kromatografi
  - pemanggangan
  - elektrolisis
  - peptisasi
14. Elektrolisis larutan yang menghasilkan logam alkali adalah ....
- larutan KI dengan elektrode C
  - larutan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan elektrode C
  - larutan KNO<sub>3</sub> dengan elektrode Au
  - leburan NaCl dengan elektrode Pt
  - larutan NaCl dengan elektrode C
15. Pembuatan silikon ultra-murni dapat dilakukan melalui proses ....
- distilasi kuarsa (SiO<sub>2</sub>)
  - reduksi SiCl<sub>4</sub>
  - pemurnian zona
  - pemanggangan kuarsa
  - kromatografi lapis tipis
16. Jika kalsium nitrat dipanaskan dengan kuat maka reaksi yang terjadi adalah ....
- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{s}) \longrightarrow \text{Ca}(\text{NO}_2)_2(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$
  - $2\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{s}) \longrightarrow 2\text{CaO}(\text{s}) + 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
  - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{s}) \longrightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{N}_2\text{O}(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g})$
  - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{s}) \longrightarrow \text{Ca}_3\text{N}_2(\text{s}) + 4\text{NO}_2(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g})$
  - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{s}) \longrightarrow \text{CaO}_2(\text{s}) + 2\text{NO}_2(\text{g})$
17. Persamaan setara yang tepat untuk reaksi larutan amonia pekat dan suspensi seng(II) hidroksida adalah ....
- $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 4\text{NH}_3 \longrightarrow \text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+}$
  - $\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s}) + 4\text{NH}_3 \longrightarrow \text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2\text{OH}^-$
  - $\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$
  - $\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2\text{NH}_4^+ \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{NH}_4\text{OH}$
  - $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{NH}_3 \longrightarrow \text{Zn}(\text{NH}_3)_2^{2+}$
18. Rumus kimia potasium heksasianoferrat(II) adalah ....
- K<sub>4</sub>[FeCN<sub>6</sub>]
  - KFe(SCN)<sub>6</sub>
  - K<sub>3</sub>[FeCN<sub>6</sub>]
  - K<sub>3</sub>[Fe(SCN)<sub>6</sub>]
  - K<sub>4</sub>[Fe(NCO)<sub>6</sub>]
19. Nama yang tepat untuk senyawa kompleks dengan rumus (Cr(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>)Cl adalah ....

- krom(III) tetramin dikloro klorida
  - tetramindiklorokrom(III) klorida
  - diklorotetraminkrom(III) klorida
  - tetramindiklorokromat(III) klorida
  - diklorotetraminkrom(III) monoklorida
20. Prinsip pembuatan baja dari besi tuang yaitu dengan cara ....
- meningkatkan kadar karbon
  - menurunkan kadar karbon
  - meningkatkan kadar timah
  - menurunkan kadar timah
  - meningkatkan kadar seng
21. Senyawa kompleks berikut yang *bukan* kelat adalah ....
- bis(dimetilglioksimato)nikel(II)
  - kalium tetratiosianatoetilendiaminkromat(III)
  - ion karbonatotetraaminkobalt(III)
  - trans*-diglisinatopaladium(II)
  - sodium tetrasianoditiosianatoferat(III)
22. Perhatikan grafik pita kestabilan berikut.



Unsur radioaktif yang terletak di daerah B akan mencapai stabil dengan cara memancarkan ....

- partikel α
  - partikel β
  - partikel γ
  - positron
  - neutron
23. Pada reaksi inti:  ${}^{238}_{92}\text{U} + \alpha \longrightarrow \text{X} + 3\frac{1}{0}\text{n}$ . Spesi X adalah ....
- ${}^{234}_{90}\text{U}$
  - ${}^{236}_{90}\text{Th}$
  - ${}^{235}_{92}\text{U}$
  - ${}^{239}_{94}\text{Pu}$
  - ${}^{240}_{94}\text{Pu}$
24. Batang kadmium dalam reaktor nuklir berfungsi ....
- menyediakan deuterium untuk reaksi fisi dengan  ${}^{235}\text{U}$
  - mengubah neutron cepat menjadi neutron termal
  - mengubah  ${}^{235}\text{U}$  untuk menghasilkan energi
  - sebagai bahan bakar untuk memicu reaksi fisi
  - sebagai sumber partikel alfa
25. Reaksi fisi yang dikembangkan dalam reaktor nuklir menggunakan bahan bakar ....
- U-235
  - U-238
  - Po-239
  - Po-212
  - Th-234

26. Jika etiletanoat,  $\text{CH}_3\text{C}^{16}\text{O}_2\text{C}_2\text{H}_5$  dihidrolisis berasam dengan adanya  $\text{H}_2^{18}\text{O}$ , isotop-isotop atom  $^{18}\text{O}$  terdapat dalam produk  $\text{CH}_3\text{-CO-}^{18}\text{OH}$ , bukan dalam  $\text{C}_2\text{H}_5^{18}\text{OH}$ . Kesimpulannya adalah ....

- A. ikatan  $\text{C-}^{16}\text{O}$  lebih kuat dari  $\text{C-}^{18}\text{O}$
- B. ikatan  $\text{C-C}$  dalam gugus  $\text{O-C}_2\text{H}_5$  terurai selama hidrolisis
- C. ikatan tunggal  $\text{C-O}$  dalam gugus  $\text{-}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{-O}$  terurai
- D. atom O dalam gugus  $\text{O-C}_2\text{H}_5$  menjalani reaksi dengan  $\text{H}_3^{18}\text{O}^+$
- E. gugus  $\text{C}_2\text{H}_5$  mengalami serangan oleh  $\text{H}_2^{18}\text{O}$

27. X, Y, Z adalah senyawa berbeda. X bereaksi dengan natrium menghasilkan  $\text{H}_2$ . X dan Y bereaksi membentuk ester. X dan Z dapat juga membentuk ester yang sama tetapi tidak bagus. Senyawa Y adalah ....

- A. propan-1-ol
- B. propanal
- C. propanoil klorida
- D. propanon
- E. asam propanoat

28. Senyawa berikut yang *tidak* membentuk endapan kuning jika dipanaskan dengan larutan iodin cair dan kalium hidroksida adalah ....

- A.  $\text{CH}_3\text{CH(OH)CH}_3$
- B.  $\text{CH}_3\text{CHO}$
- C.  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$
- D.  $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$
- E.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_3$

29. Hasil reaksi antara fenilmetanol ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}$ ) dan etanoilklorida ( $\text{CH}_3\text{COCl}$ ) adalah ....

- A.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OCOCH}_3$
- B.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_3$
- C.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl}$
- D.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{COCl}$
- E.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OCOCH}_3$

30. Butanol memiliki empat isomer yang terdiri atas ....

- A. 1 primer dan 3 sekunder
- B. 2 primer dan 2 sekunder
- C. 2 primer, 1 sekunder, 1 tersier
- D. 1 primer, 2 sekunder, 1 tersier
- E. 1 primer dan 3 tersier

31. Jika butan-1-ol didehidrasi oleh asam sulfat pekat berlebih pada suhu  $240^\circ\text{C}$ , hasil yang terbentuk adalah ....

- A.  $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$
- B.  $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2$
- C.  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$
- D.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-O-CH}_2\text{CH}_3$
- E.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-O-CH}_3$

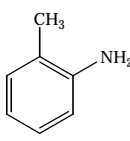
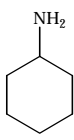
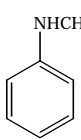
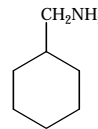
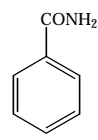
32. Di antara pereaksi berikut yang dapat digunakan untuk mengoksidasi metilbenzena menjadi asam benzoat adalah ....

- A. gas klorin
- B. larutan  $\text{I}_2$  dan  $\text{NaOH}$  dalam air
- C. campuran  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat dan  $\text{HNO}_3$  pekat
- D. larutan  $\text{KMnO}_4$  dalam basa
- E. larutan  $\text{H}_2\text{O}_2$

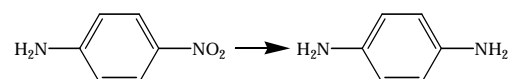
33. Jika suatu alkohol, X, direaksikan dengan larutan  $\text{KMnO}_4$  panas dan berasam, hasilnya adalah *tri*-iodometana. Senyawa alkohol tersebut adalah ....

- A.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}$
- B.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
- C.  $\text{CH}_3\text{CH(OH)C}_2\text{H}_5$
- D.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH(OH)C}_2\text{H}_5$
- E.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$

34. Senyawa berikut yang dapat digunakan untuk membuat garam diazonium jika direaksikan dengan asam nitrit pada  $5^\circ\text{C}$  adalah ....

- A. 
- B. 
- C. 
- D. 
- E. 

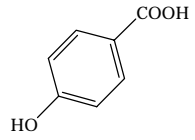
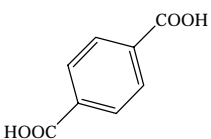
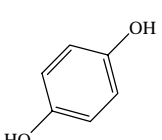
35. Reduksi:



dapat dilakukan dalam laboratorium sekolah dengan menggunakan ....

- A. sodium hidrogen sulfit berair
- B. timah dan  $\text{HCl}$  pekat
- C. besi dan  $\text{HNO}_3$  pekat
- D. gas hidrogen dengan bantuan nikel
- E. dengan  $\text{HI}$  berair

36. Di antara senyawa berikut dapat bereaksi dengan etana-1,2-diol (etilen glikol) membentuk polimer, yaitu ....

- A. 
- B. 
- C. 
- D.  $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
- E.  $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$

37. Jika propenenitril ( $\text{H}_2\text{C}=\text{CHC}\equiv\text{N}$ ) dan kloroetana ( $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ ) dicampurkan dengan molar yang sama membentuk polimer secara adisi maka polimer yang terbentuk harus mengandung monomer-monomer ....

- A.  $\text{---C---C---C---C---}$   
 $\begin{array}{cccc} \text{H}_2 & \text{H} & \text{H}_2 & \text{H} \\ | & | & | & | \\ \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} \\ & \text{Cl} & & \text{C}\equiv\text{N} \end{array}$
- B.  $\text{---C---C---C---}$   
 $\begin{array}{ccc} \text{H}_2 & \text{H} & \\ | & | & \\ \text{---} & \text{---} & \text{---} \\ & \text{Cl} & \text{HC}=\text{CH}_2 \end{array}$
- C.  $\text{---C---C---C---C---}$   
 $\begin{array}{cccc} \text{H}_2 & \text{H} & & \text{H}_2 & \text{H}_2 \\ | & | & & | & | \\ \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} \\ & & & & \text{Cl} \end{array}$
- D.  $\text{---C---C---C---C---}$   
 $\begin{array}{cccc} \text{H}_2 & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ | & | & | & | \\ \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} \\ & & & \text{C}\equiv\text{N} \end{array}$
- E.  $\text{---C---C---C---C---}$   
 $\begin{array}{cccc} \text{H} & & \text{H}_2 & \text{H} & \text{H} \\ | & & | & | & | \\ \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} \\ & \text{Cl} & & & \text{N} \end{array}$

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.**

- Suatu larutan dibuat dengan mencampurkan 45 g glukosa dengan 450 g air. Berapakah tekanan uap larutan ini pada 25°C? (Pada 25°C tekanan uap air murni adalah 23,8 torr).
- Air laut mengandung sekitar NaCl 3%. Berapa tekanan minimum yang harus diterapkan pada suhu 25°C untuk memurnikan air laut dengan teknik osmosis balik? Diketahui faktor van't Hoff = 1,9
- Pada keadaan tertentu, elektrolisis larutan  $\text{AgNO}_3$  mendepositkan 1,5 g logam perak. Pada keadaan yang sama, berapa gram Zn yang dihasilkan dari elektrolisis larutan  $\text{ZnCl}_2$ ?
- Sel volta dikonstruksi dari setengah reaksi berikut. Elektrode seng dalam larutan seng sulfat dan elektrode nikel dalam larutan nikel sulfat. Setengah-reaksinya adalah:  
 $\text{Zn}(s) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + 2e^- \quad E^\circ = -76 \text{ V}$   
 $\text{Ni}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Ni}(s) \quad E^\circ = -23 \text{ V}$   
 Gambarkan diagram sel, tandai anode dan katode, dan tunjukkan arah aliran elektron dan gerakan kation.
- Suatu larutan mengandung ion logam 3+ dielektrolisis dengan arus 5,0 A selama 10 menit. Apakah nama logam tersebut jika 1,18 g logam diendapkan pada elektrolisis ini?

- Pereaksi yang sering digunakan untuk identifikasi glukosa dalam urine adalah ....  
 A. Fehling  
 B. Benedict  
 C. Barfoed  
 D. Molisch  
 E. Tauber
- Berikut ini yang merupakan asam amino esensial adalah ....  
 A. histidin  
 B. glutamin  
 C. sistein  
 D. tirosin  
 E. alanin
- Di antara asam-asam lemak berikut yang memiliki bilangan iodin paling tinggi adalah ....  
 A. asam stearat  
 B. asam linoleat  
 C. asam palmitat  
 D. asam linolenat  
 E. asam oleat

- Suatu larutan  $\text{X}(\text{NO}_3)_n$  ditemukan mengemisi partikel  $\alpha$  dan  $\beta$ . Penambahan larutan NaOH membentuk endapan XOH. Setelah disaring, endapan XOH hanya memancarkan partikel  $\alpha$  dan filtratnya memancarkan partikel  $\beta$ . Filtrat diketahui mengandung ion-ion  $^{228}\text{Ra}$ . Apakah nama unsur X dan mengapa emisinya terpisah?
- Dalam etoksietana,  $\text{AlCl}_3$  dan LiH dengan perbandingan mol 1 : 4 bereaksi membentuk endapan putih.  
 a. Tuliskan persamaan reaksi yang terjadi antara  $\text{AlCl}_3$  dan LiH.  
 b. Senyawa apakah endapan putih yang pertama? Mengapa lebih dulu mengendap?
- Tuliskan rumus struktur dan nama semua senyawa yang memiliki rumus molekul  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Br}$ .
- Apakah yang dimaksud dengan denaturasi protein dan renaturasi protein?
- Sebanyak 10,0 g trigliserida dihidrolisis dengan NaOH, menghasilkan gliserol dan tiga mol natrium stearat ( $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$ ). Berapa gram NaOH yang diperlukan untuk hidrolisis ini?

# Apendiks 1



## Kunci Jawaban

### Tes Kompetensi Subbab

#### Bab 1 Sifat Koligatif Larutan

##### Tes Kompetensi Subbab A

- $X_{\text{etanol}} = 0,29$   
 $X_{\text{air}} = 0,71$
- 
- molalitas larutan gula = 0,29 m

##### Tes Kompetensi Subbab B

- $P_{\text{larutan}} = 41,68 \text{ mm Hg}$
- 
- $M_r \text{ glukosa} = 180 \text{ g mol}^{-1}$

##### Tes Kompetensi Subbab C

- $\Delta T_d = 0,104^\circ\text{C}$
- 
- $M_r X = 842 \text{ g mol}^{-1}$
- 
- $T_b = -0,372^\circ\text{C}$
- 
- $T_b = -0,15^\circ\text{C}$

##### Tes Kompetensi Subbab D

- Boleh jadi padat, cair, dan gas dari air dalam ruang vakum tersebut.
- 
- Pada tekanan tinggi, suhu pembentukan  $\text{CO}_2$  padat naik. Hal ini disebabkan pada keadaan padat, kerapatannya lebih rendah dari  $\text{CO}_2$  air.

##### Tes Kompetensi Subbab E

- $\pi = 0,001 \text{ atm}$
- 
- $M_r \text{ Hemoglobin} = 688000 \text{ g mol}^{-1}$

##### Tes Kompetensi Subbab F

- $\Delta T_d = 0,26^\circ\text{C}$
  - $\Delta T_d = 0,702^\circ\text{C}$
- $\Delta T_b = 0,18637^\circ\text{C}$

## Evaluasi Kompetensi Bab 1

### A. Pilihan ganda

- |      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1. D | 11. D | 21. A | 31. B |
| 3. D | 13. D | 23. D | 33. C |
| 5. A | 15. D | 25. A |       |
| 7. B | 17. A | 27. C |       |
| 9. C | 19. C | 29. E |       |

### B. Esai

- Kemolalan  $\text{H}_2\text{O}_2$  3% = 0,9 m  
Fraksi mol  $\text{H}_2\text{O}_2$  3% = 0,016

- $P_{\text{larutan}} = 23,62 \text{ mmHg}$   
 $\pi = 7,43 \text{ atm}$
- 
- Massa etilen glikol = 1192 g
- 
- $P_{\text{larutan}} = 19,5 \text{ mmHg}$

#### Bab 2 Reaksi Redoks dan Elektrokimia

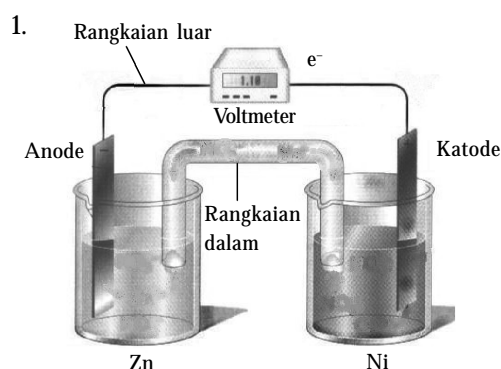
##### Tes Kompetensi Subbab A

- $$\begin{matrix} 0 & & +10 \\ \text{I}_2(\text{s}) + \text{HNO}_3(\text{aq}) & \longrightarrow & 2\text{HIO}_3(\text{aq}) + \text{NO}_2(\text{g}) \\ & +5 & & +4 \end{matrix}$$

$$\text{I}_2(\text{s}) + 10\text{HNO}_3(\text{aq}) \longrightarrow 2\text{HIO}_3(\text{aq}) + 10\text{NO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$$

$$\text{NaCl}(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{MnO}_2(\text{s}) \longrightarrow 2\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{MnCl}_2(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{Cl}_2(\text{g})$$
- $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 6\text{Cl}^-(\text{aq}) + 14\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{Cl}_2(\text{g}) + 7\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
  - $2\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 5\text{BiO}_3^-(\text{aq}) + 14\text{H}^+ \longrightarrow 5\text{Bi}^{3+}(\text{aq}) + 2\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 7\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
  - $\text{H}_3\text{AsO}_4(\text{aq}) + 4\text{Zn}(\text{s}) + 8\text{H}^+ \longrightarrow \text{AsH}_3(\text{s}) + 4\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
  - $10\text{Br}^-(\text{aq}) + 2\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 16\text{H}^+ \longrightarrow 5\text{Br}_2(\text{l}) + 2\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 8\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
  - $3\text{Cu}(\text{s}) + 2\text{HNO}_3(\text{aq}) + 6\text{H}^+ \longrightarrow 3\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{NO}(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

##### Tes Kompetensi Subbab B



Reaksi yang terjadi:  $\text{Zn}(\text{s}) + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s})$

- $\text{Fe}(\text{s}) + 2\text{Ag}^+(\text{aq}) \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Ag}(\text{s})$
- 
- $\text{C} | \text{Sn}^{2+}(\text{aq}) | \text{Sn}^{4+}(\text{aq}) || \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) | \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) | \text{C}$
- 
- $2\text{I}^-(\text{aq}) + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{I}_2(\text{s}) \quad E^\circ = -0,54 \text{ V}$   
GGL sel negatif maka reaksi tidak terjadi.

9. Oleh karena yang (a) GGL selnya positif maka reaksi dapat berlangsung. Pada (b) GGL sel negatif maka reaksi tidak berlangsung.

### Tes Kompetensi Subbab C

- Potensial reduksi standar Cu lebih besar (0,34 volt) maka  $\text{Cu}^{2+}$  akan direduksi.
  - Potensial reduksi standar Ni paling besar (-0,23 volt) maka  $\text{Ni}^{2+}$  akan direduksi.
- Berdasarkan nilai potensial reduksi standar,  $\text{H}_2\text{O}$  memiliki nilai lebih besar (-0,83 volt) sehingga  $\text{H}_2\text{O}$  akan di reduksi menghasilkan ion  $\text{OH}^-$  yang bersifat basa.
- Massa Hg = 4,2 g.
- Waktu yang diperlukan untuk mengendapkan:  
1 mol Na = 5,36 jam; Mg = 10,72 jam; Al = 16,08 jam
- $m_{\text{I}_2} = 2,35 \text{ g}$
- $2[2 \text{Al}^{3+} + 3\text{O}^{2-}] + 3\text{C}(s) \longrightarrow 4 \text{Al}(\ell) + 3 \text{CO}_2(g)$   
atau  $\text{Al}_2\text{O}_3(aq) + 3 \text{C}(s) \longrightarrow 4 \text{Al}(\ell) + 3 \text{CO}_2(g)$

### Tes Kompetensi Subbab D

- Berdasarkan potensial sel, diketahui bahwa tahap reaksi oksidasi besi berlangsung cepat ( $E^\circ = 1,24$  volt), tetapi pada tahap pembentukan karat reaksi berlangsung sangat lambat karena memiliki nilai potensial sel sangat kecil ( $E^\circ = 0,06 \text{ V}$ )
- Sebab nilai potensial reduksi besi lebih besar dibandingkan nilai potensial reduksi Mg atau Zn.

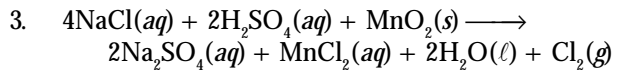
## Evaluasi Kompetensi Bab 2

### A. Pilihan ganda

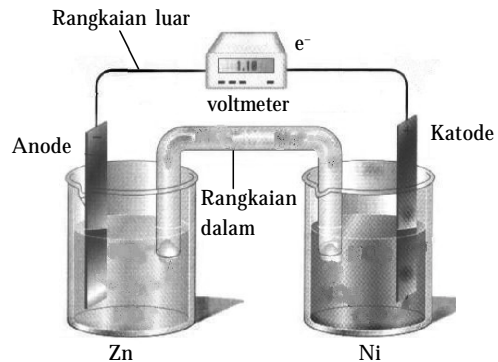
- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 1. B  | 13. C | 25. C |
| 3. E  | 15. A | 27. A |
| 5. A  | 17. A | 29. D |
| 7. E  | 19. B | 31. C |
| 9. B  | 21. E | 33. D |
| 11. D | 23. C | 35. A |

### B. Esai

- Penyetaraan reaksi redoks dalam suasana asam dengan metode setengah reaksi.
  - $3\text{Cu}(s) + 2\text{HNO}_3(aq) + 6\text{H}^+ \longrightarrow 3\text{Cu}^{2+}(aq) + 2\text{NO}(g) + 4\text{H}_2\text{O}(\ell)$
  - $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(aq) + 6\text{Cl}^-(aq) + 14\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Cr}^{3+}(aq) + 3\text{Cl}_2(g) + 7\text{H}_2\text{O}(\ell)$
  - $\text{Pb}(s) + \text{PbO}_2(s) + 2\text{H}_2\text{SO}_4(aq) \longrightarrow 2\text{PbSO}_4(s) + 2\text{H}_2\text{O}(\ell)$
  - $2\text{Mn}^{2+}(aq) + 5\text{BiO}_3^-(aq) + 14\text{H}^+ \longrightarrow 5\text{Bi}^{3+}(aq) + 2\text{MnO}_4^-(aq) + 7\text{H}_2\text{O}(\ell)$
  - $\text{H}_3\text{AsO}_4(aq) + 4\text{Zn}(s) + 8\text{H}^+ \longrightarrow \text{AsH}_3(s) + 4\text{Zn}^{2+}(aq) + 4\text{H}_2\text{O}(\ell)$
  - $10\text{Br}^-(aq) + 2\text{MnO}_4^-(aq) + 16\text{H}^+ \longrightarrow 5\text{Br}_2(\ell) + 2\text{Mn}^{2+}(aq) + 8\text{H}_2\text{O}(\ell)$
  - $3\text{CH}_3\text{OH}(aq) + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(aq) + 8\text{H}^+ \longrightarrow 3\text{CH}_2\text{O}(aq) + 2\text{Cr}^{3+}(aq) + 7\text{H}_2\text{O}(\ell)$



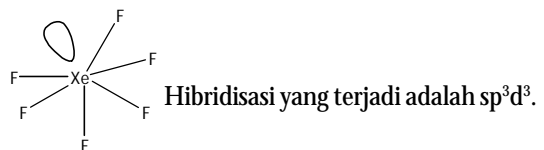
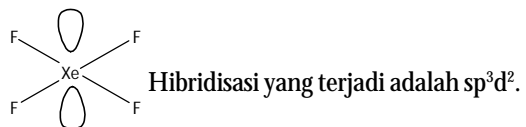
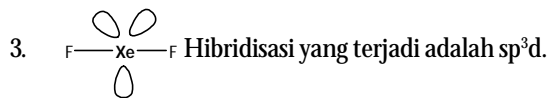
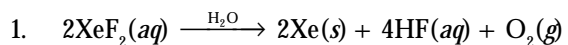
5.



- Pada proteksi katodik, Mg atau Zn memiliki potensial oksidasi lebih tinggi dibandingkan besi sehingga logam Mg atau Zn lebih mudah dioksidasi. Akibatnya logam besi cenderung direduksi, dan reduksi terjadi di katode.

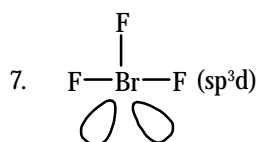
## Bab 3 Deskripsi Unsur-Unsur Golongan Utama

### Tes Kompetensi Subbab A



### Tes Kompetensi Subbab B

- Kerapatan berhubungan dengan gaya tarik antar-molekul halogen. Makin kuat gaya tarik van der Waals makin rapat unsur tersebut.
- Sebab atom fluorin terlalu kecil untuk membentuk asam okso. Gaya tolak ruang sangat tinggi.
- $\text{NaI}(s) + \text{H}_3\text{PO}_4(\ell) \longrightarrow \text{HI}(g) + \text{NaH}_2\text{PO}_4(s)$



### Tes Kompetensi Subbab C

- Karena logam alkali bersifat reaktif.
- $4\text{Li}(s) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{Li}_2\text{O}(s)$   
 $2\text{Na}(s) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{Na}_2\text{O}_2(s)$
- $2\text{Li} + 2\text{CH}\equiv\text{CH} \longrightarrow 2\text{LiC}\equiv\text{CH} + \text{H}_2$   
Jenis reaksi adalah reaksi oksidasi.
- $2\text{M} + \text{H}_2 \longrightarrow 2\text{MH}$   
M adalah logam alkali.

### Tes Kompetensi Subbab D

- Mg; Ca; Ba; Ra
- $\text{CaCO}_3(s) + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(aq) \longrightarrow \text{CaC}_2\text{O}_4(s)$   
 $5\text{C}_2\text{O}_4^{2-}(aq) + 2\text{MnO}_4^-(aq) + 16\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Mn}^{2+}(aq) + 10\text{CO}_2(g) + 8\text{H}_2\text{O}(\ell)$

### Tes Kompetensi Subbab E

- Aluminium berada dalam golongan IIIA pada sistem periodik. Elektron valensinya  $ns^2 np^1$ . Aluminium memiliki energi ionisasi ketiga yang cukup tinggi cenderung sukar untuk melepaskan elektron.
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  dielektrolisis dalam kriolit cair (elektrolit). Lelehan Al terbentuk pada katode dan berkumpul di bawah sel elektrolisis, yang dikeluarkan secara berkala.
- Karena potensial reduksi standar negatif ( $E^\circ = 1,66$ )

### Tes Kompetensi Subbab F

- Grafrit memiliki struktur jaringan segienam datar dan berlapis-lapis. Sifat lunak dan licin disebabkan oleh antarlapisan yang dapat bergeser.
- $\text{CO}(g) + 3\text{H}_2(g) \longrightarrow \text{CH}_4(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$   
 $\Delta H = -206 \text{ kJ mol}^{-1}$   
Setelah  $\text{H}_2\text{O}$  diuapkan, akan diperoleh  $\text{CH}_4$  yang disebut gas alam sintetik.

### Tes Kompetensi Subbab G

- Proses secara umum, amonia dibakar dengan adanya katalis platina menjadi gas NO dan diubah lebih lanjut menjadi  $\text{NO}_2$ , kemudian dilarutkan dalam air menjadi asam nitrat.  
Tahap 1 :  $4\text{NH}_3(g) + 5\text{O}_2(g) \xrightarrow{\text{Pt}} 4\text{NO}(g) + 6\text{H}_2\text{O}(g)$   
Tahap 2 :  $2\text{NO}(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{NO}_2(g)$   
Tahap 3 :  $3\text{NO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \longrightarrow 2\text{HNO}_3(aq) + \text{NO}(g)$   
Gas NO pada tahap akhir dapat digunakan kembali.
- Pembuatan gas oksigen di antaranya:  
 $2\text{KClO}_3(s) \xrightarrow{\Delta\text{MnO}_2} 2\text{KCl}(s) + 3\text{O}_2(g)$   
 $\text{H}_2\text{O}_2(\ell) \xrightarrow{\text{MnO}_2} \text{H}_2\text{O}(\ell) + \text{O}_2(g)$   
 $\text{H}_2\text{O}(\ell) \xrightarrow{\text{elektrolisis}} \text{H}_2(g) + \text{O}_2(g)$
- $8\text{H}_2\text{S}(g) + 4\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{S}_8(s) + 8\text{H}_2\text{O}(\ell)$

## Evaluasi Kompetensi Bab 3

### A. Pilihan ganda

- |      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1. E | 11. C | 21. C | 31. D |
| 3. C | 13. A | 23. E | 33. C |
| 5. D | 15. B | 25. B | 35. B |
| 7. E | 17. B | 27. B | 37. A |
| 9. D | 19. D | 29. B | 39. C |

### B. Esai

- $2\text{XeF}_2(aq) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} 2\text{Xe}(s) + 4\text{HF}(aq) + \text{O}_2(g)$
- Sebab klorin bersifat asam dalam air sehingga dapat bereaksi dengan ion basa kuat membentuk garam.
- Dalam bentuk garam hipoklorit ( $\text{NaClO}$ ).
- Melalui elektrolisis garam  $\text{NaCl}$ . Hasil samping gas  $\text{H}_2$  dan  $\text{Cl}_2$ .
- $2[2\text{Al}^{3+} + 3\text{O}^{2-}] + 3\text{C}(s) \longrightarrow 4\text{Al}(\ell) + 3\text{CO}_2(g)$
- $V = 3587,5 \text{ L}$

## Bab 4 Unsur-Unsur Transisi Periode Keempat

### Tes Kompetensi Subbab A

- Biloks Mn dalam  $\text{MnO}_2 = +4$ , dalam  $\text{KMnO}_4 = +7$ .
- Pada umumnya senyawa dengan biloks tertinggi lebih stabil maka diduga bahwa senyawa A adalah  $\text{VF}_3$ .

### Tes Kompetensi Subbab B

- $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Br}_2]$ . Muatan senyawa ini adalah 0.
- (a) Tris(amin)dibromobesi(III) nitrat; (b) Amonium tetrabromokuprat(II)

### Tes Kompetensi Subbab C

- Sumber unsur transisi biasanya berasal dari penambangan deposit mineral, contohnya Kalimantan Barat dan pegunungan Jaya Wijaya.

### Tes Kompetensi Subbab D

- Reduksi bijih besi menjadi besi.

## Evaluasi Kompetensi Bab 4

### A. Pilihan ganda

- |      |       |       |
|------|-------|-------|
| 1. A | 11. D | 21. B |
| 3. D | 13. A | 23. C |
| 5. C | 15. B | 25. A |
| 7. C | 17. E | 27. B |
| 9. D | 19. E | 29. C |

### B. Esai

- (a) + 2, (b) + 4, (c) + 1, (d) + 6
- Ion kompleks adalah senyawa ionik yang terdiri atas kation logam transisi (atom pusat) dan 2 atau lebih anion atau molekul netral. Ligan adalah anion atau molekul netral terikat pada atom pusat. Bilangan koordinasi adalah jumlah atom donor yang terikat pada atom pusat.

5. a. ion tetraaminseng(II)  
b. diklorotetraaminkobalt(III) klorida  
c. kalium diaminobis(oksalat)kobaltat(III)  
d. tetrakloro(etilendiamin)platina(IV)  
e. heksaquinikel(II) bromida  
f. diklorotetraaminkrom(III) perklorat  
g. kalium tris(oksalat)ferat(III)
7. c.  $[\text{Fe}(\text{SO}_4)(\text{H}_2\text{O})_4]$

## Bab 5 Keradioaktifan

### Tes Kompetensi Subbab A

1. Nuklida radioaktif: (a)  $^{208}\text{Po}$ ; (b)  $^{40}\text{K}$ ; (c)  $^{76}\text{Ga}$
3. a.  $^{235}\text{U} + 4n \longrightarrow ^{239}\text{U}$   
b.  $^{13}\text{C} \longrightarrow ^{12}\text{C} + n$
5.  $^{40}\text{K} \longrightarrow ^{40}\text{Ca} + {}^0_{-1}\text{e}$

### Tes Kompetensi Subbab B

1. Katalis yang digunakan harus bersifat radioaktif, kemudian hasil reaksi pada setiap tahap dan produk reaksi akhir diisolasi dan dideteksi sifat radioaktifnya. Jika dalam setiap tahap menunjukkan sifat radioaktif, artinya katalis terlibat dalam tahap-tahap reaksi. Jika pada akhir reaksi, produk tidak menunjukkan sifat radioaktif, artinya katalis diperoleh kembali.
3. Terpaan radiasi sekitar 30 rem secara terus menerus terhadap seseorang dapat menyebabkan kanker atau leukemia, tetapi jika dosis tersebut diberikan secara bertahap, misalnya 3 rem setiap tiga bulan boleh jadi aman. Rem adalah satuan dosis radiasi yang menghubungkan secara ekuivalen energi radiasi dengan jenis radiasinya.

### Tes Kompetensi Subbab C

1. Reaksi fisi adalah reaksi pembelahan nuklida radioaktif menjadi nuklida-nuklida dengan nomor atom mendekati stabil. Reaksi fusi adalah reaksi nuklida-nuklida ringan digabungkan menjadi nuklida dengan nomor atom lebih besar.
3. Dalam reaksi fisi, suhu hasil reaksi dapat dikendalikan, sedangkan pada reaksi fusi hingga saat ini masih terus diteliti.

## Evaluasi Kompetensi Bab 5

### A. Pilihan ganda

- |      |       |       |
|------|-------|-------|
| 1. b | 11. e | 21. b |
| 3. a | 13. b | 23. d |
| 5. d | 15. c | 25. e |
| 7. d | 17. e |       |
| 9. d | 19. b |       |

### B. Esai

1. Emisi beta, agar mengurangi jumlah neutron dan meningkatkan jumlah proton sehingga terbentuk kestabilan inti.  ${}^1_0n \longrightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e$

3.  $X + {}^4_2\text{He} \longrightarrow {}^{242}_{96}\text{Cm} + {}^1_0n$ , X = plutonium-239 ( $^{239}_{94}\text{Pu}$ )
5. Kehilangan massa sebesar  $6,607 \times 10^{-9}$  sma.
7. Sebab  $^{238}\text{U}$  jika dibombardir dengan neutron tidak akan terjadi reaksi berantai sebagaimana  $^{235}\text{U}$ , tetapi membentuk  $^{239}\text{Pu}$ .  $^{238}\text{U} + n \longrightarrow ^{239}\text{Pu}$

## Evaluasi Kompetensi Semester

### Semester 1

#### A. Pilihan ganda

- |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 1. E  | 15. B | 29. A | 43. A |
| 3. E  | 17. C | 31. B | 45. C |
| 5. E  | 19. D | 33. A | 47. A |
| 7. D  | 21. D | 35. C | 49. C |
| 9. E  | 23. E | 37. C |       |
| 11. B | 25. C | 39. B |       |
| 13. D | 27. E | 41. E |       |

#### B. Esai

1.  $P_{\text{larutan}} = 23,6 \text{ torr}$
3.  $0 + 4$   
 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
5. Berat  $\text{I}_2 = 1,176 \text{ g}$
7. Sebab ion karbonat cenderung terurai menjadi gas  $\text{CO}_2$ .
9.  $^{14}\text{N} + \alpha \longrightarrow ^{18}\text{F}$   
 $\text{Au} + \alpha \not\rightarrow$   
Dalam inti atom emas terkandung 79 proton, sedangkan inti atom nitrogen hanya 7 proton. Oleh karena partikel alfa bermuatan positif maka kekuatan tolakan inti atom emas jauh lebih besar dibandingkan dengan inti atom nitrogen.

## Bab 6 Senyawa Organik

### Tes Kompetensi Subbab A

1. Karena gugus fungsi merupakan bagian reaktif dari senyawa karbon yang menentukan sifat fisika dan kimia senyawa karbon.

### Tes Kompetensi Subbab B

1.



1,1-dibromobutana

2,2-dibromobutana



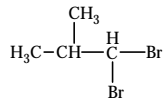
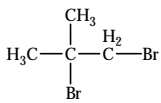
1,2-dibromobutana

1,3-dibromobutana



1,4-dibromobutana

1,3-dibromo-2-metilpropana

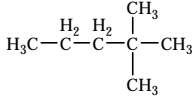


1,2-dibromo-2-metilpropana    1,1-dibromo-2-metilpropana

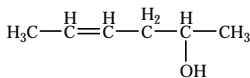
3. 1-klorobutana + H<sub>2</sub>O → 1-butanol + HCl

### Tes Kompetensi Subbab C

1. a.

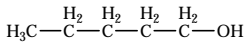


b.



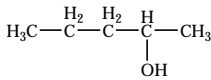
b. 6,6-dimetiloktan-4-ol

3. a.



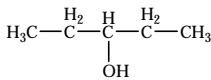
IUPAC: 1-pentanol; trivial: pentil alkohol

b.



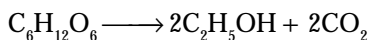
IUPAC: 2-pentanol; trivial: isopentil alkohol

c.



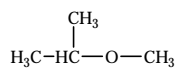
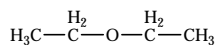
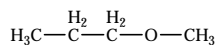
IUPAC: 3-pentanol

5. Air nira banyak mengandung glukosa melalui proses fermentasi berubah menjadi alkohol.

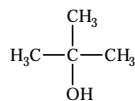
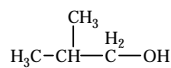
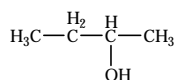
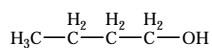


Glukosa                      Etanol

7. Isomer posisi/struktur:



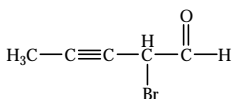
Isomer fungsional:



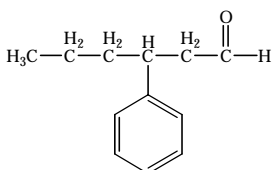
9. Sebab eter pada umumnya kurang polar. Sehingga larut dalam benzena (nonpolar)

### Tes Kompetensi Subbab D

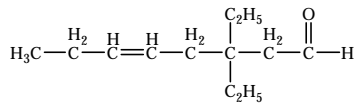
1. a.



b.



c.



3. Tidak beralasan sebab asetaldehid mudah menguap dan habis dalam waktu tidak lama.

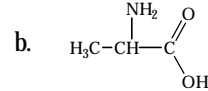
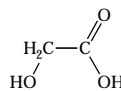
5.  $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ . Jika dilihat dari strukturnya, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O tidak memiliki isomer apapun.

7. Tidak, sebab keduanya dapat bereaksi dengan 2,4-dinitrofenilhidrazin membentuk suatu endapan kuning.

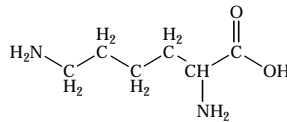
9. Sebab gula pasir mengandung glukosa yang memiliki gugus fungsional aldehyd.

### Tes Kompetensi Subbab E

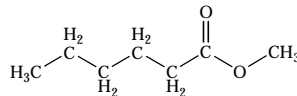
1. a.



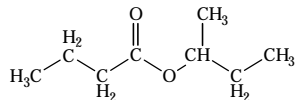
c.



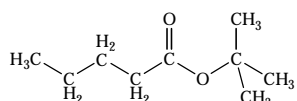
3. a.



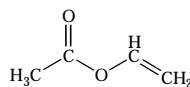
b.



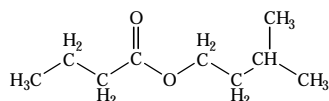
c.



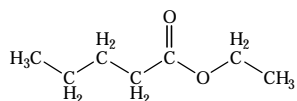
d.



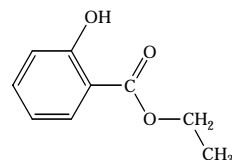
e.



f.



g.

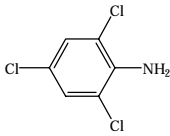


### Tes Kompetensi Subbab F

1. Rumus umum amina: R<sub>3</sub>N, dengan R dapat berupa atom H atau alkil.



3.



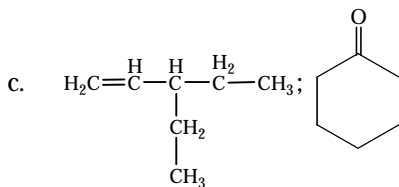
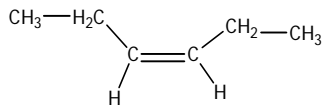
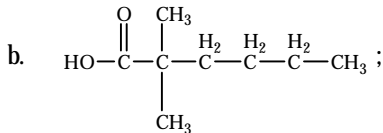
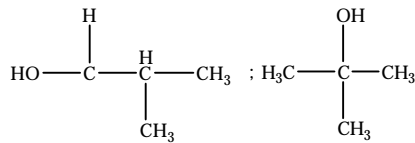
## Evaluasi Kompetensi Bab 6

### A. Pilihan ganda

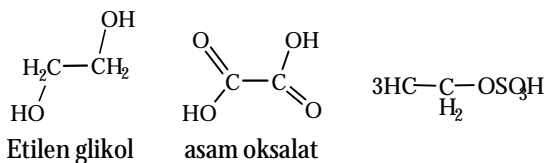
- |      |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 1. B | 11. A | 21. A | 31. B | 41. A |
| 3. C | 13. B | 23. A | 33. E | 43. D |
| 5. A | 15. E | 25. C | 35. B | 45. B |
| 7. B | 17. A | 27. A | 37. C |       |
| 9. E | 19. E | 29. E | 39. A |       |

### B. Esai

- pentil metil keton/2-heptanon
  - pentil metil eter/metoksi pentana
  - asam heksanoat
  - heksanal/heksanoildehida
- (a) 2-kloropropana; (b) 2-propanol; (c) 2-kloropropena
- a.



7. a.

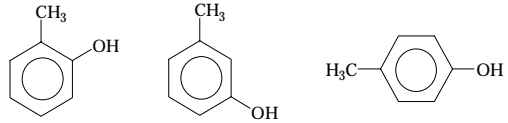


- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7/\text{H}_2\text{SO}_4$  dipanaskan. Senyawa F dihilangkan untuk menghindari oksidasi lebih lanjut.
- $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \longrightarrow \text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

## Bab 7 Senyawa Aromatik

### Tes Kompetensi Subbab A

- Sebab dalam benzena membentuk ikatan  $\pi$  terdelokalisasi, sedangkan pada alkena elektron  $\pi$  terlokalisasi pada atom karbon tertentu.
- Struktur hidroksimetilbenzena pada posisi *orto*-, *meta*-, *para*-:



Jika dilihat dari strukturnya maka molekul-molekul pada posisi *orto*- memerlukan ruang lebih ruah dibandingkan *para*- dan *meta*- yang menyebabkan gaya antarmolekul lebih lemah sehingga titik didih dan titik leleh lebih rendah.

- Nama senyawa tersebut berturut-turut:
  - o*-hidroksitoluena; atau 2-metilfenol
  - 2-etilasetofenon; atau 2-etilfenil metilketon
  - 2,4,6-trinitrotoluena

### Tes Kompetensi Subbab B

- 2-hidroksimetilbenzena/*o*-hidroksitoluena/ 2-metilfenol; *m*-dihidroksibenzena/ 3-hidroksifenol; asam benzo-2-dioat atau *o*-karboksilbenzoat.

### Tes Kompetensi Subbab C

- -
- 2-metoksi pirola
  - 3-metilpirola
  - 5,7-dikloro-8-hidroksikuinolina

## Evaluasi Kompetensi Bab 7

### A. Pilihan ganda

- |      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1. D | 11. C | 21. E | 31. E |
| 3. C | 13. B | 23. C | 33. A |
| 5. B | 15. E | 25. C | 35. E |
| 7. B | 17. D | 27. D |       |
| 9. B | 19. D | 29. A |       |

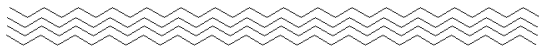
### B. Esai

- o*-aminometilbenzena; *m*-aminometilbenzena; *p*-aminometilbenzena; *o*-hidroksikarboksilbenzena; dan *p*-hidroksikarboksilbenzena.
- $\text{Br}_2$
  - klorobenzena
- N*-asetil-*p*-aminofenol (4-hidroksiasetanilida)
  - fenol
- 3-bromopiridin; b. 5-bromokuinolin

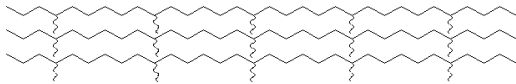
## Bab 8 Makromolekul

### Tes Kompetensi Subbab A

1. Struktur HDPE:

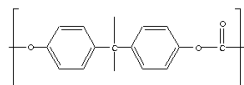


Struktur LDPE



Karena adanya cabang pada struktur LDPE menyebabkan polimer jenis ini kurang rapat dibandingkan HDPE sehingga LDPE kurang tegar dan mudah sobek.

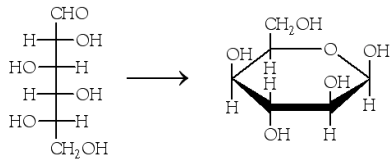
3. a.



b. Polimerisasi ionik

### Tes Kompetensi Subbab B

1.



3. a. *a*-*D*-glukosa

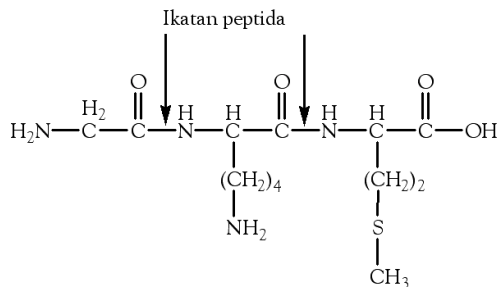
b. *b*-*D*-glukosa

5. Glukosa

7. Dapat

### Tes Kompetensi Subbab C

1.



3. Penggolongan protein berdasarkan struktur: primer, sekunder, tersier, dan kuarterner. Penggolongan protein berdasarkan fungsinya: protein sebagai enzim, protein transport, protein bahan makanan, protein kontraktil, protein struktural, protein regulator dan pertahanan.

5. Jika  $\text{CuSO}_4$  berlebih akan terbentuk endapan putih dari  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  yang dapat mengganggu analisis.

7. Kulit kita terdiri dari protein yang boleh jadi mengandung asam amino seperti tirosin, fenilalanin, dan triptofan (mengandung inti benzena) sehingga berwarna kuning.

## Evaluasi Kompetensi Bab 8

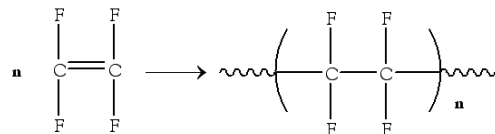
### A. Pilihan ganda

- |      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1. C | 11. C | 21. C | 31. B |
| 3. D | 13. D | 23. B | 33. E |
| 5. A | 15. D | 25. A | 35. E |
| 7. C | 17. D | 27. C |       |
| 9. D | 19. D | 29. A |       |

### B. Esai

- Bentuk polimer tidak bercabang
- Banyak ikatan silang antar rantai polimer

3.



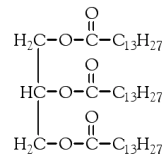
- $[\textit{b}\text{-D}\text{-glukosa}] = 0,064 \text{ M}$ ;  $[\textit{a}\text{-D}\text{-glukosa}] = 0,036 \text{ M}$
- a*-heliks membentuk spiral, sedangkan *b*-sheet membentuk lapisan yang planar.

## Bab 9 Lemak

### Tes Kompetensi Subbab A

- $\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{-COOH} + \text{Br}_2 \longrightarrow \text{C}_{17}\text{H}_{29}(\text{Br}_2)\text{-COOH}$
- Minyak curah banyak mengandung asam lemak jenuh, sedangkan minyak sawit mengandung banyak asam lemak tidak jenuh. Asam lemak tidak jenuh mengandung ikatan rangkap sebagai sumber awan elektron yang memiliki tolakan terhadap ikatan rangkap yang lain sehingga terjadi tolak-menolak. Akibatnya, gaya antarmolekul asam lemak menjadi lemah, yang pada gilirannya minyak yang banyak mengandung ikatan rangkap (sawit) memiliki titik beku rendah dibandingkan minyak curah.

5.



- PP, tidak berwarna menjadi merah jambu.

### Tes Kompetensi Subbab B

Makanan yang baik untuk dikonsumsi adalah yang banyak mengandung lemak tidak jenuh. Yaitu: (a) daging ayam; (b) telur (tapi kolesterol tinggi); (c) terigu; dan (d) alpukat.

### Tes Kompetensi Subbab C

- Jika emulsi minyak-air yang tidak stabil ditambahkan sabun maka akan terbentuk emulsi yang stabil. Hal ini disebabkan oleh bagian ekor sabun yang bersifat nonpolar akan melarutkan butiran minyak, sedangkan bagian kepala sabun yang bersifat polar akan larut dalam air.
- Lapisan yang dibentuk oleh gugus karbohidrat yang bermuatan negatif mengelilingi butiran minyak.

## Evaluasi Kompetensi Bab 9

### A. Pilihan ganda

- |      |       |       |
|------|-------|-------|
| 1. B | 11. B | 21. B |
| 3. B | 13. A | 23. C |
| 5. D | 15. D | 25. A |
| 7. E | 17. A |       |
| 9. D | 19. D |       |

### B. Esai

- Lemak Padat pada suhu kamar, mengandung asam lemak jenuh, dan banyak terdapat dalam hewan. Adapun minyak cair pada suhu kamar, mengandung asam lemak takjenuh, dan banyak terdapat dalam tanaman. Perbedaanannya disebabkan adanya ikatan rangkap (tidak jenuh) pada minyak.
- Perbedaannya disebabkan adanya ikatan rangkap (tidak jenuh) pada minyak.
- Gliserol dan sabun dari jenis Na–stearat dan Na–palmitoleat.
  - Mentega dari jenis stearat.
  - Ikatan rangkap pada asam palmitoleat diadisi oleh bromin.
- Untuk menjaga keseimbangan hormon.

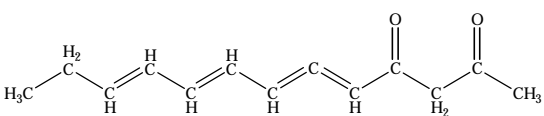
## Evaluasi Kompetensi Semester

### Semester 2

#### A. Pilihan ganda

- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 1. E  | 17. B | 33. C |
| 3. B  | 19. E | 35. D |
| 5. A  | 21. E | 37. B |
| 7. D  | 23. A | 39. D |
| 9. A  | 25. D | 41. C |
| 11. C | 27. D | 43. B |
| 13. B | 29. C | 45. E |
| 15. C | 31. D |       |

#### B. Esai

- 
- Keton;
  - Aldehid;
  - Keton
- NH<sub>2</sub>
  - N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>
  - Pada suhu dan tekanan tinggi dengan katalis asam.
- $\text{H}_2\text{C}=\overset{\text{H}}{\text{C}}-\text{F}$  (fluroetilena)

## Evaluasi Kompetensi Kimia Akhir Tahun

### A. Pilihan ganda

- |      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1. E | 11. C | 21. A | 31. A |
| 3. C | 13. D | 23. D | 33. C |
| 5. D | 15. B | 25. A | 35. B |
| 7. A | 17. B | 27. C | 37. A |
| 9. E | 19. E | 29. E | 39. A |

### B. Esai

- $P_{\text{larutan}} = 23,56 \text{ torr}$
- Berat Zn = 0,456 g
- Indium ( $A_r = 114,85$ )
- Reaksi AlCl<sub>3</sub> dan LiH:
  - $\text{AlCl}_3 + 4\text{LiH} \longrightarrow \text{LiAlH}_4 + 3\text{LiCl}(s)$
  - LiCl, sebab LiCl senyawa ion yang tidak larut dalam pelarut organik (etoksietana), sedangkan AlCl<sub>3</sub> adalah senyawa kovalen.
- Denaturasi protein adalah ikatan-ikatan yang lemah pada protein dapat pecah atau rusak akibat perlakuan tertentu. Renaturasi protein adalah perubahan kembali bentuk struktur protein yang terdenaturasi.

# Apendiks 2



**Tabel 1 Sifat Fisik Beberapa Unsur**

Unsur	Simbol	Nomor Atom	$M_r$ Atom	Pada Suhu 25°C	Titik Leleh (°C)	Titik Didih (°C)	Kerapatan Gas pada 25°C (g cm <sup>-3</sup> )
Aluminium	Al	13	27	<i>s</i>	660	2.350	2,7
Argon	Ar	18	40	<i>g</i>	-189	-186	0,00166
Arsen	As	33	75	<i>s</i>	613 (menyublim)		5,78
Barium	Ba	56	137	<i>s</i>	710	1.640	3,59
Belerang	S	16	32	<i>s</i>	115	445	1,96
Berilium	Be	4	9	<i>s</i>	1.285	2.470	1,85
Besi	Fe	26	56	<i>s</i>	1.540	2.760	7,87
Boron	B	5	11	<i>s</i>	2.030	3.700	2,47
Brom	Br	35	80	<i>l</i>	-7	59	3,12
Cesium	Cs	55	133	<i>s</i>	2	184	4,95
Kalium	K	19	39	<i>s</i>	63	777	0,86
Kalsium	Ca	20	40	<i>s</i>	840	1.490	1,53
Karbon (grafit)	C	6	12	<i>s</i>	3.720 (menyublim)		2,25
Karbon (intan)	C	6	12	<i>s</i>	3.550	4.827	3,53
Klor	Cl	17	35,5	<i>g</i>	-101	-34	0,00299
Kobalt	Co	27	59	<i>s</i>	1.494	2.900	8,8
Kripton	Kr	36	84	<i>g</i>	-157	-153	0,00346
Krom	Cr	24	52	<i>s</i>	1.860	2.600	7,19
Xenon	Xe	54	131	<i>g</i>	-112	-108	0,0055
Litium	Li	3	7	<i>s</i>	180	1.360	0,53
Magnesium	Mg	12	24	<i>s</i>	650	1.100	1,74
Mangan	Mn	25	55	<i>s</i>	1.250	2.120	7,47
Merkuri	Hg	80	201	<i>l</i>	-39	357	13,55
Natrium	Na	11	23	<i>s</i>	98	900	0,97
Neon	Ne	10	20	<i>g</i>	-249	-246	0,00084
Nikel	Ni	28	59	<i>s</i>	1.455	2.150	8,91
Nitrogen	N	7	14	<i>g</i>	-210	-196	0,00117
Oksigen	O	8	16	<i>g</i>	-219	-183	0,00133
Perak	Ag	47	108	<i>s</i>	962	2.160	10,5
Platina	Pt	78	195	<i>s</i>	1.772	3.720	21,45
Rubidium	Rb	37	85	<i>s</i>	39	705	1,53
Selenium	Se	34	79	<i>s</i>	220	685	4,81
Seng	Zn	30	65	<i>s</i>	420	913	7,14
Silikon	Si	14	28	<i>s</i>	1.410	2.620	2,33
Skandium	Sc	21	45	<i>s</i>	1.540	2.800	2,99
Stronsium	Sr	38	88	<i>s</i>	769	1.384	2,6
Tembaga	Cu	29	64	<i>s</i>	1.084	2.580	8,93
Timah	Sn	50	119	<i>s</i>	232	2.720	7,28
Timbal	Pb	82	207	<i>s</i>	327	1.760	11,34
Titanium	Ti	22	48	<i>s</i>	1.670	3.300	4,51
Uranium	U	92	238	<i>s</i>	1.135	4.000	19,05
Vanadium	V	23	51	<i>s</i>	1.920	3.400	6,09

Sumber: Chemistry For You, 2001

**Tabel 2 Muatan Beberapa Ion**

Ion Positif			Ion Negatif				
Muatan	Nama Ion	Rumus	Muatan	Nama Ion	Rumus		
1 +	amonium	$\text{NH}_4^+$	1-	bromida	$\text{Br}^-$		
	tembaga(I)	$\text{Cu}^+$		Klorida	$\text{Cl}^-$		
	hidrogen	$\text{H}^+$		hidroksida	$\text{OH}^-$		
	litium	$\text{Li}^+$		fluorida	$\text{F}^-$		
	kalium	$\text{K}^+$		iodida	$\text{I}^-$		
	perak	$\text{Ag}^+$		nitrat	$\text{NO}_3^-$		
	natrium	$\text{Na}^+$					
	2 +	barium		$\text{Ba}^{2+}$	2-	karbonat	$\text{CO}_3^{2-}$
		kalsium		$\text{Ca}^{2+}$		oksida	$\text{O}^{2-}$
		tembaga(II)		$\text{Cu}^{2+}$		sulfat	$\text{SO}_4^{2-}$
besi(II)		$\text{Fe}^{2+}$	sulfida	$\text{S}^{2-}$			
timbal(II)		$\text{Pb}^{2+}$					
magnesium		$\text{Mg}^{2+}$					
nikel(II)		$\text{Ni}^{2+}$					
3 +	stronsium	$\text{Sr}^{2+}$	3-	nitrida fosfat	$\text{N}^{3-}$ $\text{PO}_4^{3-}$		
	seng	$\text{Zn}^{2+}$					
	aluminium besi(III)	$\text{Al}^{3+}$ $\text{Fe}^{3+}$					

Sumber: Chemistry For You, 2001

**Tabel 3 Besaran Fisika Satuan SI**

Besaran Fisika	Nama Satuan SI	Lambang Satuan SI
massa	kilogram	kg
waktu	detik	s
arus listrik	ampere	A
suhu termodinamik	kelvin	K
kandungan zat	mol	mol
frekuensi	hertz	Hz
energi	joule	J
tekanan	pascal	Pa
muatan listrik	coulomb	C
beda potensial listrik	volt	V
aktivitas	becquerel	Bq
daya	watt	W
kapasitansi listrik	faraday	F



# Senarai

## A

**Aldosa** Monosakarida yang mengandung gugus aldehid. • 227

**Alloi (paduan logam)** Bahan yang terdiri atas campuran dua logam atau lebih; atau logam dengan nonlogam, dapat berupa senyawa, larutan padat, atau campuran komponen. • 77

**Alotrop** Keberadaan unsur dalam dua bentuk atau lebih, seperti dua allotrop karbon: intan dan grafit. • 88

**Amorf** Bentuk padatan yang bukan kristalin dan tidak memiliki keteraturan kisinya. • 88

**Antaraksi van der Waals** Gaya tarik di antara atom atau molekul yang dapat ditimbulkan oleh gaya elektrostatis antara dua molekul dan polarisasi molekul tetangga • 238

**Asam amino** Molekul yang mengandung gugus amino ( $-NH_2$ ) dan gugus karboksil ( $-COOH$ ). • 233

**Asam lemak esensial** Asam-asam lemak tidak jenuh yang tidak dapat disintesis oleh tubuh sehingga harus dikonsumsi melalui makanan. • 255

**Asam lemak jenuh** Asam lemak yang tidak mengandung ikatan rangkap pada ikatan karbon sehingga titik lelehnya tinggi, dan biasanya berasal dari lemak hewan. • 248

**Asam lemak tidak jenuh** Asam lemak yang mengandung ikatan rangkap pada ikatan karbon sehingga titik lelehnya rendah, dan biasanya berasal dari minyak nabati (tumbuhan). • 248

**Asam lemak** Asam karboksilat yang memiliki rantai panjang, dimana atom karbon berkisar antara 12–22. • 249

**Asam-basa Lewis** Asam lewis adalah atom atau senyawa yang menerima pasangan elektron (akseptor elektron), sedangkan basa lewis adalah atom atau senyawa yang mendonorkan pasangan elektron bebas (donor elektron) yang digunakan untuk ikatan. • 106

**Atom pusat** Kation logam unsur transisi yang terdapat dalam ion atau senyawa kompleks. • 106

**Aturan Aufbau** Aturan yang menyatakan urutan pengisian elektron dalam orbital berdasarkan kenaikan energi ( $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d$ ). • 103

**Aturan Pauli** Tidak ada dua elektron yang memiliki empat bilangan kuantum yang sama (jika elektron berpasangan spinnya harus berlawanan). • 105

## B

**Bilangan koordinasi** Jumlah atom donor yang terikat pada atom pusat. • 108

**Bilangan penyabunan** Bilangan yang menunjukkan berapa mg larutan basa (KOH) yang diperlukan untuk membentuk 1 gram sabun secara sempurna. • 252

## C

**Cahaya tampak** Cahaya atau gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi berkisar di antara cahaya inframerah sampai cahaya ultraviolet, yang terdiri atas spektrum warna merah-kuning-hijau-biru-ungu. • 105

**Coating (pelapisan)** Suatu metode untuk mengendalikan korosi dengan menerapkan suatu lapisan pada permukaan logam, misalnya dengan pengecatan atau penyepuhan logam. • 52

## D

**Dehidrasi** Pelepasan molekul air dari suatu zat atau dari suatu reaksi kimia. • 168

**Denaturasi protein** Ikatan-ikatan yang lemah pada protein dapat pecah atau rusak akibat perlakuan tertentu. • 238

**Deposit mineral** Sumber batuan mineral yang terdapat di alam, terbentuk melalui berbagai proses yang dipengaruhi tekanan dan suhu bumi. • 73

**Detergen alam** Garam asam lemak yang berasal dari minyak hewan atau minyak sayuran yang memiliki anion gugus fungsi ion sulfat atau ion sulfonat. • 260

**Detergen sintetik** Garam asam lemak yang memiliki gugus fungsi berbeda dari sabun berasal dari minyak bumi. • 260

**Dextorotary** Asam amino yang dapat memutar bidang cahaya terpolarisasi ke kanan, ditandai dengan (*d*) atau (+). • 235

**Diagram fasa** Diagram yang menggambarkan perubahan fasa suatu zat. • 12

**Diamagnetik** Sifat yang tidak dipengaruhi oleh medan magnet, akibat elektron yang berpasangan. • 105

**Dimer** Penggabungan dua molekul yang sama, contohnya pada asam karboksilat melalui ikatan hidrogen antara oksigen dari gugus karbonil suatu asam karboksilat dan hidrogen dari gugus hidroksil asam karboksilat yang lainnya. • 179

**Distilasi bertingkat** Suatu metode pemisahan campuran cairan menjadi cairan murni berdasarkan perbedaan titik didihnya. • 63

**Dry ice** Karbondioksida berwujud padat, digunakan sebagai pendingin. Zat ini menyublim pada suhu  $-78^{\circ}\text{C}$  (195 K) dan tekanan standar, tidak melewati fasa cair (meleleh). • 14

## E

**Eksitasi elektron** Perpindahan elektron akibat dikenai energi (cahaya) dari keadaan dasar menuju keadaan yang energinya lebih tinggi. • 105

**Eksoergik** Proses yang melibatkan pelepasan energi, misalnya peluruhan radioaktif. • 127

**Electroplating (penyepuhan)** Suatu metode elektrolisis untuk melapisi permukaan logam oleh logam lain yang lebih stabil terhadap cuaca atau menambahkan nilai estetika (keindahannya). • 47

**Elektrode** Kutub atau terminal sel terjadinya reaksi dalam sel elektrokimia yang terdiri atas anode, tempat terjadinya reaksi oksidasi; dan katode, tempat terjadinya reaksi reduksi. • 34, 42

**Elektrolisis** Kebalikan dari elektrokimia, dimana terjadi penguraian suatu zat atau reaksi kimia yang disebabkan oleh adanya arus listrik searah. • 42

**Emulsi** Koloid yang terbentuk dari tersuspensinya partikel-partikel kecil, biasanya dispersi minyak dalam air atau dispersi air dalam minyak. • 259

**Energi ikat inti ( $E_i$ )** Selisih energi antara energi nuklida hasil sintesis dengan energi nukleon penyusunnya. • 126

**Esterifikasi** Pembuatan ester dari reaksi antara asam karboksilat dan alkohol dengan katalis asam sulfat. • 183

## F

**Faktor van't Hoff ( $i$ )** Persamaan yang menyatakan perbandingan banyaknya jumlah mol zat terlarut dengan jumlah mol ion-ionnya dalam larutan. • 19

**Fraksi mol** Komposisi suatu zat dalam larutan. • 2

## G

**Gaya Gerak Listrik (GGL)** Usaha atau kerja yang diperlukan untuk mendorong aliran elektron melalui rangkaian luar dan menggerakkan ion-ion dalam larutan menuju elektrode. • 37

**Gaya tegangan permukaan** Gaya antaraksi antarmolekul pada permukaan cairan. • 260

## H

**Haloalkana** Senyawa karbon mengandung halogen. • 155

**Hidrofil** Sifat kelarutan (kesukaan) terhadap pelarut air. • 259

**Hidrofob** Sifat taklarut (ketidaksukaan) terhadap pelarut air. • 259

**Higroskopis** Sifat suatu zat yang dapat menyerap air dari udara. • 94

**Hukum I Faraday** Massa zat yang bereaksi dalam elektrode sebanding dengan muatan listrik yang terlibat dalam sel. • 45

**Hukum II Faraday** Massa ekuivalen zat yang diendapkan akan sama jika muatan listrik yang mengalir tetap. • 47

**Hukum Kekekalan Massa** Hukum yang menyatakan perbandingan massa hasil reaksi sama dengan massa pereaksi. • 28

**Hukum Kekekalan Muatan** Hukum yang menyatakan muatan sebelum terjadi reaksi sama dengan sesudah terjadi reaksi. • 28

**Hukum Raoult** Tekanan uap parsial pelarut (dengan zat terlarut di dalamnya) berbanding lurus dengan fraksi molnya,  $P = P^{\circ} X$ . • 6

## I

**Ikatan glikosidik** Ikatan yang menghubungkan dua monosakarida dengan cara kondensasi gugus hidroksil pada atom karbon nomor 1 dengan gugus hidroksil dari salah satu atom karbon nomor 2, 4, dan 6 pada monosakarida yang lain membentuk disakarida. • 229

**Ikatan hidrogen** Interaksi elektrostatis antarmolekul, yang hidrogennya terikat pada atom elektronegatif, dimana proton hidrogen berinteraksi dengan pasangan elektron bebas pada atom elektronegatif dari molekul yang ada didekatnya. • 71

**Ikatan kovalen koordinasi** Ikatan yang terbentuk dari pemakaian bersama elektron ikatan yang berasal dari salah satu atom. • 107

**Ikatan peptida** Ikatan C–N antarasam amino yang terbentuk dari reaksi kondensasi antara gugus karboksil asam amino satu dengan gugus amino dari asam amino yang lain membentuk protein. • 233

**Ikatan rangkap konjugasi** Ikatan rangkap selang seling dengan ikatan tunggal atau disebut juga elektronnya dapat berpindah-pindah (terdelokalisasi). • 196

**Insulator** Bahan yang bersifat tidak dapat menghantarkan arus listrik. • 88



**Inti atom** Bagian tengah atom yang mengemban sebagian besar massa atom, memiliki muatan positif, karena terdiri atas satu atau lebih nukleon. • 126, 127

**Inti metastabil** Keadaan tereksitasi pada atom atau inti yang memiliki umur paruh yang cukup panjang. • 134

**Ion karbanion** Zat antara dalam beberapa reaksi organik yang memiliki muatan negatif pada atom karbon, dengan rumus  $R_3C^-$ . • 225

**Ion karbonium** Zat antara dalam beberapa reaksi organik yang memiliki muatan positif pada atom karbon, dengan rumus  $R_3C^+$ . • 224

**Isomer cis-trans** Perbedaan struktur yang memiliki rumus molekul dan gugus fungsi sama, tetapi susunan atomnya berbeda dalam ruang, yang disebabkan ketegaran suatu molekul. • 155

**Isomer fungsional** Perbedaan struktur yang memiliki rumus molekulnya sama, tetapi gugus fungsinya berbeda, dapat disebut juga sebagai isomer struktur. • 167

**Isomer posisi** Perbedaan struktur yang memiliki rumus molekul sama, tetapi posisi gugus fungsinya berbeda. • 156

**Isomer struktur** Perbedaan struktur yang memiliki rumus molekul sama. • 156

## J

**Jembatan garam** Atau disebut juga rangkaian dalam, berfungsi untuk menetralkan kelebihan ion-ion hasil reaksi reduksi-oksidasi dalam sel elektrokimia sehingga reaksi berlangsung terus menerus. • 35

## K

**Karbohidrat** Senyawa polihidroksi-aldehid atau polihidroksi-ke-ton dan turunannya, yang digolongkan ke dalam monosakarida, disakarida, oligosakarida, dan polisakarida. • 227

**Karsinogen** Zat yang berpotensi menimbulkan kanker. • 204

**Kemolalan** Jumlah mol zat terlarut dalam satu kilogram pelarut. • 2

**Ketosa** Monosakarida yang mengandung gugus keton. • 227

**Kolesterol** Salah satu jenis lemak pada dinding pembuluh darah (arteri), yang terdapat dalam semua hewan dan dapat disintesis dari konsumsi makanan, seperti mentega, daging, dan telur. • 256

**Konduktor** Bahan yang bersifat dapat menghantarkan arus listrik. • 63

**Konfigurasi oktet** Konfigurasi elektron yang terisi penuh dan bersifat tidak reaktif, seperti konfigurasi elektron gas mulia. • 63

## L

**Larutan elektrolit** Zat yang terurai dalam larutan menjadi jumlah mol ion-ionnya sesuai derajat ionisasinya. • 18

**Larutan nonelektrolit** Zat yang terhidrasi dalam larutan menjadi molekul-molekulnya (tidak terjadi ionisasi). • 18

**Lemak hewani** Lemak yang berasal dari hewan. • 249

**Lemak nabati** Lemak yang berasal dari tumbuhan. • 248

**Levoratory** Asam amino yang dapat memutar bidang cahaya terpolarisasi ke kiri, ditandai dengan (*l*) atau (-). • 235

**Ligan** Anion atau molekul netral yang terikat pada atom pusat. • 106

**Lipid** golongan senyawa bioorganik yang tidak larut dalam air yang berasal dari hewan dan tumbuhan. • 248

## M

**Masa ekuivalen zat** Massa relatif zat per satuan muatannya, dirumuskan dengan  $m_{eq} = \frac{A_r}{e^-}$ . • 45

**Massa molekul relatif ( $M_r$ )** Jumlah massa atom relatif dari semua atom yang menyusun molekul itu. • 7

**Membran semipermeabel** Membran berpori yang dapat dilalui oleh zat pelarut, tetapi tidak dapat dilalui zat terlarut. • 15

**Metalurgi** Cabang ilmu yang berkaitan dengan produksi logam dari bijihnya, pemurnian logam, pembuatan aloi, dan pemanfaatan logam. • 116

**Metode setengah reaksi** Metode penyetaraan reaksi reduksi-oksidasi berdasarkan transfer elektron. • 30, 31

**Metode Williamson** Metode sintesis eter, dengan cara reaksi antara alkil halida dan alkoksi atau fenoksi; dan dehidrasi alkohol oleh asam sulfat. • 169

**Misel** Bagian dari mekanisme sabun sebagai pengemulsi, dimana gugus fungsi sabun yang bermuatan negatif membentuk lapisan melingkar yang mengelilingi setiap butiran minyak. • 259

**Monomer** Molekul yang massanya kecil yang bergabung dengan sesamanya membentuk dimer, trimer, dan polimer. • 222

**Monosakarida** Sakarida atau karbohidrat yang paling sederhana yang tidak dapat diuraikan lagi menjadi molekul yang lebih sederhana secara hidrolisis. • 227

**Mutarotasi** Rotasi optik dengan nilai yang khas untuk setiap sakarida, yang disebabkan perubahan

bentuk dari isomer *a* menjadi isomer *b* atau sebaliknya jika sakarida dilarutkan dalam air. • 229

## N

**Notasi sel elektrokimia** Aturan penulisan reaksi reduksi-oksidasi yang terjadi dalam sel elektrokimia. • 35

**Nukleon** Partikel penyusun inti, yaitu proton dan neutron. • 130

**Nuklida radioaktif** Jenis inti atom yang tidak stabil sehingga mengalami peluruhan partikel dan atau radiasi elektromagnetik, yang memiliki daya penetrasi terhadap materi yang dilaluinya dan mampu mengionisasi atom atau molekul. • 125

## O

**Oksidator** Zat yang mengalami reduksi. • 39, 40

**Orbital hibrida** Hibridisasi atau penggabungan orbital dalam suatu atom menjadi setara, kemudian tumpang tindih dengan orbital dari atom lain membentuk orbital molekul. • 104

## P

**Paramagnetik** Sifat yang dipengaruhi oleh medan magnet, yang diakibatkan oleh adanya elektron yang tidak berpasangan. • 105

**Pasivasi** pembentukan lapisan film permukaan dari oksida logam yang tahan terhadap korosi sehingga dapat mencegah korosi lebih lanjut. • 52

**Pereaksi Fehling** Pereaksi yang terdiri atas larutan tembaga(II) sulfat dan natrium tartrat 2,3-dihidroksibutanadioat, digunakan untuk mendeteksi gula pereduksi dan aldehyd dalam larutan yang akan membentuk endapan merah bata (tembaga(I) oksida) jika hasilnya positif. • 175

**Pereaksi Grignard** Senyawa logam haloalkana dari magnesium, dengan rumus RMgX, biasanya digunakan untuk mensintesis alkohol. • 165

**Perunut radioaktif** Isotop radioaktif yang ditambahkan dalam bahan kimia atau makhluk hidup guna mempelajari sistem itu. • 133

**Pickling** Suatu proses pembersihan logam dari oksida dengan menggunakan asam klorida (HCl). • 72

**Pirolisis** Penguraian senyawa kimia akibat suhu tinggi. • 83

**Pita kestabilan** Grafik yang menyatakan kestabilan inti berdasarkan perbandingan proton dan neutron. • 126, 127

**Polimer** Senyawa yang memiliki massa molekul besar dengan struktur berupa rantai, tersusun dari monomer yang berulang. • 222

**Polimer termoplastik** Bentuk polimer lurus dan bercabang, dimana bentuknya dapat dipertahankan hanya dengan pendinginan. • 222

**Polimer termoset** Polimer yang memiliki ikatan silang yang banyak dan kuat, dimana bentuknya tidak dapat diubah, kecuali dengan perlakuan kimia. • 222

**Polimerisasi adisi** Reaksi pembentukan polimer yang melibatkan radikal bebas atau ion dengan senyawa yang memiliki ikatan rangkap. • 223

**Polimerisasi kondensasi** Reaksi dua molekul bergugus fungsi lebih dari satu menghasilkan molekul besar dengan gugus fungsi yang juga lebih dari satu disertai penyingkiran molekul kecil. • 223, 225

**Potensial elektrode standar** Potensial elektrode hidrogen yang dijadikan elektrode standar pada penentuan potensial reduksi standar, dimana

$$E^0_{H^+ \rightarrow H_2} = 0,00 \text{ volt} . \bullet 38$$

**Potensial reduksi standar** Potensial reduksi (daya oksidator) yang diukur pada keadaan standar, yaitu sistem larutan dengan konsentrasi 1 M, tekanan 1 atm (sel yang melibatkan gas) dan suhu 25°C. • 38, 39

**Proses Frasch** Suatu proses penambangan deposit belerang ( $S_8$ ) dengan menggunakan tabung yang terdiri atas sejumlah pipa konsentris. • 92, 93

**Proses Haber** Suatu proses pembuatan amonia ( $NH_3$ ) secara komersial dari reaksi antara  $N_2$  dan  $H_2$ . • 93

**Proses Hall-Heroult** Suatu metode komersial pembuatan alumunium melalui elektrolisis alumunium oksida yang dilarutkan dalam lelehan kriolit ( $NaAlF_6$ ). • 85

**Proses kontak** Pembuatan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) secara komersial melalui beberapa tahapan reaksi dan menggunakan katalis platina atau  $V_2O_5$ . • 94

**Proses Ostwald** Suatu proses pembuatan asam nitrat ( $HNO_3$ ) secara komersial dengan melewati beberapa tahapan reaksi. • 93

**Prostaglandin** Zat yang terbentuk dari asam arakidonat (asam lemak esensial) yang serupa hormon. • 255

**Protein** Polimer biologi yang tersusun dari monomer asam amino (banyak juga mengandung ion logam atau molekul organik kompleks) dengan rentang massa berkisar dari 6000 sampai puluhan ribu. • 233

## R

**Radikal bebas** Atom atau gugus atom yang sangat reaktif karena mengandung elektron valensi yang tidak berpasangan. • 158

**Reaksi adisi** Reaksi kimia yang melibatkan substitusi ion atau radikal bebas pada ikatan tak jenuh. • 197

**Reaksi berantai** Sederetan reaksi fisi yang berlangsung spontan dan serta merta, disebabkan oleh neutron yang dilepaskan dari reaksi fisi sebelumnya bereaksi lagi dengan inti-inti yang lain. 138

**Reaksi eksoterm** Reaksi kimia yang menghasilkan kalor (panas) pada lingkungannya. • 119

**Reaksi fisi** Reaksi pembelahan nuklida radioaktif menjadi nuklida-nuklida yang nomor atomnya mendekati stabil disertai pelepasan sejumlah energi dan neutron. • 138

**Reaksi Friedel-craft** Reaksi alkilasi atau asilasi benzena dengan katalis  $AlCl_3$  atau  $AlBrO_3$ , selain itu dapat juga untuk mensintesis aldehid. • 171

**Reaksi fusi** reaksi nuklida-nuklida ringan digabungkan menjadi nuklida dengan nomor atom yang lebih besar. • 141

**Reaksi kesetimbangan** Reaksi ke arah produk dan ke arah pereaksi memiliki laju yang sama. • 133

**Reaksi substitusi** Reaksi pergantian suatu atom atau molekul dengan atom atau molekul lainnya. • 197

**Reaktor nuklir** Tempat terjadinya reaksi nuklir (reaksi fisi, fusi, dan pembiak) yang terdiri atas pipa-pipa berisi bahan bakar radioaktif dan batang pengendali neutron. • 138

**Reduktor** Zat yang mengalami oksidasi. • 39,40

**Resonansi** Delokalisasi elektron pi yang menstabilkan suatu molekul sehingga sukar untuk bereaksi. • 196, 197

## S

**Saponifikasi atau penyabunan** Suatu proses pembentukan sabun (garam dari asam lemak) yang berasal dari pengolahan lemak (hidrolisis ester) dengan larutan NaOH atau KOH pekat. • 184, 250

**Sel volta** Atau sel elektrokimia, dimana energi listrik dihasilkan dari aliran elektron searah pada kompartemen luar (kawat eksternal) yang dipasangkan pada elektrode yang dicelupkan dalam larutan elektrolit. • 34

**Semikonduktor** Bahan yang kekuatan daya hantar listriknya bergantung pada suhu. • 90

**Sifat koligatif larutan** Sifat yang tidak tergantung pada jenis zat terlarut, tetapi tergantung pada konsentrasinya. Sifat-sifat itu antara lain penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmosis. • 1

**Stereoisomer** Atau disebut juga isomer optis suatu senyawa karena dapat memutar arah bidang polarisasi. • 235

## T

**Tanur sembur** Perangkat atau alat eksperimen untuk proses metalurgi besi. • 116, 117

**Tekanan osmotik larutan** Tekanan yang diterapkan untuk menghentikan proses osmosis dari larutan encer atau pelarut murni ke larutan yang lebih pekat. • 15

**Tekanan uap** Tekanan yang ditimbulkan molekul-molekul fasa uap. • 3

**Termit** Suatu proses pengelasan lokal pada material besi melalui reaksi yang sangat eksotermis, dimana campuran serbuk dari besi(III) oksida dengan aluminium menghasilkan lelehan aluminium oksida dan besi. • 86

**Tes Benedict** Uji glukosa dalam urine dengan menggunakan larutan tembaga(II) sulfat, natrium karbonat, dan natrium sitrat jika positif akan terbentuk endapan  $Cu_2O$  berwarna merah bata, hijau atau kuning. • 232

**Tes biuret** Uji protein dengan menggunakan natrium hidroksida pekat dan larutan  $CuSO_4$  yang ditambahkan setetes demi setetes, akan menghasilkan warna ungu jika positif. • 239

**Tes Tollen** Metode untuk membedakan aldehid dan keton dengan menggunakan larutan  $AgNO_3$  dalam amonia berlebih. • 175

**Titik didih** Suhu pada saat tekanan udara jenuh suatu cairan sama dengan tekanan atmosfer luar. • 8

**Titik triplel** Titik, di mana pada suhu dan tekanan tersebut terjadi kesetimbangan fasa antara gas, cair, dan padat secara bersama-sama. • 13

**Transmutasi inti** Transformasi dari suatu unsur menjadi unsur lain melalui pemboman inti oleh partikel. • 128, 129

**Trigliserida** Sebutan lain dari lemak atau minyak, merupakan triester dari gliserol (polihidroksi) dan asam lemak. • 248

## Z

**Zat aditif** Zat kimia yang ditambahkan kedalam makanan atau obat-obatan untuk memperoleh sifat-sifat tertentu, seperti cita rasa, warna, bentuk, aroma, dan tahan lama. • 204

**Zat pengkelat** Atau disebut juga ligan polidentant, memiliki dua atau lebih atom donor yang dapat mengikat ion logam. • 109

**Zat terlarut nonvolatilitas** Zat yang sukar menguap. • 4

# Indeks

## A

adisi kuantitatif iodine 250  
aerosol 72, 156, 159  
*a-heliks* 235, 236, 240, 241  
air  
    berat 140  
    ringan 140  
aktivitas 134, 136, 137  
alkali 73, 74, 75, 76, 77, 78  
    tanah 79, 80, 82, 83  
alkaloid 211  
alkohol 154, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164,  
    165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 177,  
    180, 181, 183, 184, 232, 248, 249, 256,  
    258, 260  
    primer 160, 164, 165, 166, 171, 181  
    sekunder 160, 164, 165, 176  
    tersier 160, 164, 165  
alotrop 88, 91  
alumina 86, 87  
aluminosilikat 74, 79, 84  
aluminium oksida 84, 86  
amilum 230, 231  
amina 185, 186  
    primer 185, 186  
    sekunder 185, 186  
    tersier 185, 186  
amorf 88, 89  
antaraksi van der Waals 68, 236, 238  
antibodi 136, 237  
antrasena 207, 209  
arang 88, 89  
arena 198  
arus  
    listrik 42, 43, 44, 45, 46, 47  
    searah 42, 43, 44  
asam  
    amino 233, 234, 235, 237, 238, 239, 240  
        esensial 234  
    arakidonat 255  
    asetat 177, 178, 180, 183  
    asetat glasial 180  
    halida 71  
    hidrogen halida 71  
    lemak 247, 248, 249, 250, 251, 253, 254, 255,  
        256, 257

    esensial 255  
    kekuatan 71  
    okso 69, 71, 73  
    -asam nukleat 211  
    -basa Lewis 82, 106, 107  
atom karbon  
    primer 160  
    sekunder 160  
    tersier 160  
atom pusat 106, 107, 108, 109, 110  
aturan  
    Aufbau 103  
    Pauli 105

## B

bahan bakar nuklir 69, 139, 140, 141  
barit 79  
batubara 88, 89, 91  
batu kapur 79  
bauxit 84, 86, 87  
benzena 2, 8, 9, 10, 195, 196, 197, 198, 199, 200,  
    201, 203, 204, 205, 207, 208, 209, 210,  
    211, 212, 213  
    asilasi 201  
    halogenasi 199, 202  
    nitration 199, 202  
beril 79  
besi tuang 116, 117  
bijih logam 72, 91, 111, 112, 116  
bilangan  
    asam 251, 253  
    ester 252, 253  
    iodine 252, 253  
    koordinasi 107, 108, 109, 111  
    oksidasi (biloks) 27, 28, 29, 30  
    perubahan 28, 29  
    maksimum 105  
    penyabunan 252, 253  
biorganik 248  
*b-sheet* 235, 236

## C

cahaya tampak 105  
cairan elektrolit 72  
celestite 79

citra internal 135  
*coating* 52, 53  
corundum 84, 86

## D

daya penetrasi (tembus) 128, 133  
deposit mineral 73  
desalinasi 17  
desinfektan 70, 87  
detektor 137  
detergen 77, 260, 261  
    alam 260  
    sintetik 260  
*dextrorotary* 235  
diagram fasa 12, 13, 14  
diamagnetik 105, 112  
diazonium 203  
dikarboksilat 179, 180  
dimer 87, 179, 186  
dinamit 84, 202  
disakarida 229, 230  
distilasi 62, 92, 178, 252  
dolomit 79  
*dry ice* 10, 14

## E

eksoergik 127  
eksoterm 116, 119  
eksotermis 86  
eksplosif 65, 74  
elektrolit 18, 19, 20  
elektron  
    penangkapan 126, 127, 128, 129  
    terekstasi 105  
    valensi 65, 73, 84, 104, 105  
elektrode 35, 36, 38, 42, 43, 54, 134, 198  
    hidrogen 36, 38, 39  
elektrolisis 27, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 49  
    Hoffman 43  
    stoikiometri 45  
*electroplating* 47  
elektrokimia 27, 33, 35, 36, 37, 40, 45, 46  
emisi 126, 127, 128, 129  
    alfa 126, 128, 129  
    beta 126, 128, 129  
    gamma 128, 129, 134  
    positron 126, 128, 129  
emulsi 259, 260  
endoterm 116, 117, 119

energi  
    ikat inti 126, 127, 130, 131, 132  
    ionisasi 63, 64, 75, 80  
energitika 126, 127, 130  
epoksida 167  
esens buatan 184  
esterifikasi 183, 184, 225, 249  
etsa gelas 72

## F

fenantrena 207, 209  
fermentasi 163, 179  
ferosilikon 81, 90  
*FGE<sub>2</sub>* 255  
fosfolipid 253, 254  
fotosintesis 133, 134  
fraksi mol<sup>2</sup>, 3, 4, 6  
freon 72

## G

garam  
    amonium 93, 186  
    chili 70  
    dapur 1, 12, 19  
    halida 71, 75, 80  
    natrium 257, 258, 259, 260  
gas  
    alam 64, 89, 91, 93  
    monoatomik 63  
    mulia 62, 63, 64, 65  
gaya  
    gerak listrik 37, 38, 39, 68  
    London 66  
    tarik inti 65, 67  
geiger 134  
gypsum 91  
glikogen 230  
gliserol 9, 184, 248, 249, 250, 252, 258  
grafit 88, 89, 90, 140, 208  
gugus  
    alkoksi 166, 169  
    azo 203  
    hidroksil 160, 161, 162, 163, 164, 181, 182  
    karboksilat 177, 178, 179, 180, 181  
    karbonil 170, 171, 173, 174

## H

hemoglobin 236, 237  
halit 69, 73

haloalkana 154, 155  
halobenzena 199  
halogen 66, 67, 68, 69, 70, 71  
hemolisis 16, 17  
heterosiklik 207, 211  
hibrida 88, 104, 106  
     $sp^2$  88  
     $sp^3$  88  
     $sp^3d^2$  104  
hidrida 75, 78, 80, 165  
hidrofil 259  
hidrofob 259  
hidrogenasi 163, 165, 209, 210  
higroskopis 94  
hipertonik 16, 17  
hipotonik 16, 17  
Hoff, van't 19  
    faktor 19, 20, 21  
homopolimer 223  
hukum  
    Faraday 45  
    I 45  
    II 47  
kekekalan 28  
    energi 127  
    massa 28, 29, 30, 31, 127  
    momentum 127  
    muatan 28, 30, 127  
Raoult 6, 7  
*Human Placenton Lactogen* 136

**I**

ikatan  
    glikosidik 229, 230, 231  
    hidrogen 71, 162, 163, 168, 234, 235, 236, 238  
    kovalen koordinasi 107  
    peptida 233  
    pi 208  
    rangkap konjugasi 196, 197  
ilmenit 111  
insulator 88, 90  
intan 88, 89  
inti  
    atom 125, 126, 127  
    kestabilan 126, 127  
    metastabil 134, 135  
    transmutasi 128, 129  
ion kompleks 107, 108, 109, 110, 111  
    muatan 107, 108, 109

isomer  
    *cis-trans* 155  
    fungsional 155, 167, 182  
    posisi 155, 156, 174  
    struktur 155, 156, 182  
isotonik 16, 17  
isotop  
    nonradioaktif 133, 134  
    radioaktif 133, 134, 135, 136

**J**  
jembatan garam 34, 35

**K**  
kapur tohor 82, 83, 117  
karbanion 225  
karbohidrat 227  
karbonium 224  
karnalit 73  
karsinogen 204  
kemolalan 2, 3  
kinetika 126, 127  
kobaltit 111, 114  
kokas 88, 116, 117  
kolesterol 253, 256  
konduktor 63, 88, 89, 115  
konfigurasi oktet 63, 65  
kopolimer 223  
krenasi 16, 17  
kristal 65, 73, 88, 91  
kromatografi 134  
kuinolina 211, 212

**L**  
laju polimerisasi 224, 225  
larutan  
    elektrolit 18, 19, 20  
    nonelektrolit 18, 19, 20  
lemak 247, 248, 251, 253, 256  
    hewani 248, 249  
    jenuh 248, 256, 257  
    nabati 248, 249  
    takjenuh 247, 249, 256, 257  
lepidolit 73, 74  
*levoratory* 235  
ligan 106, 107, 108, 109, 110  
    monodentant 108, 109  
    polidentant 108, 109  
limbah nuklir 141  
lipid 248, 249

## M

magnetit 81  
massa  
ekuivalen zat 45, 47  
kritis 139  
molekul relatif 7, 9, 11, 16, 171, 176, 180  
nukleon 130, 131, 132  
partikel subinti 131  
membran semipermeabel 15, 16  
menyublim 10, 66, 67, 87  
metalurgi 90, 116, 119, 121  
metode  
setengah reaksi 28, 29, 30, 31, 32, 33  
Williamson 169  
minyak bumi 78, 86, 88, 89, 91, 94, 137, 159, 163, 260  
misel 259  
moderator 140  
molekul diatom 66, 67, 91  
momen magnet 105  
monomer 222, 223, 224, 225, 226  
monosakarida 227, 228, 229, 230  
mutarotasi 229

## N

naftalena 207, 208, 209, 210  
neutron 126, 127, 128, 129, 138, 139, 140  
analisis aktivasi 134  
batang pengendali 139, 140  
nitrida 80  
nonadiposa 254  
nukleon 130, 131, 132  
nukleosintesis 126, 127, 130  
nuklida 125, 126, 127, 129, 130  
radioaktif 125, 127  
ringan 126, 141

## O

oksidator 28, 29, 30, 39, 40  
kuat 67, 113  
oligosakarida 227, 229  
orbital hibrida 104, 105, 107  
ozon 91

## P

paduan logam (alloy) 76, 86, 112, 115, 117, 118  
panjang  
gelombang 64  
ikatan 66, 186  
paramagnetik 102, 105, 106

## partikel

alfa 127, 128, 129, 131, 133  
beta 128, 129  
pasir kuarsa 89, 90  
pasivasi 52, 84, 85  
pati 163, 229, 231, 234, 239  
pengapungan (flotasi) 119  
penghentian ujung 226  
penyabunan 184, 250, 252, 258  
perapian terbuka 117, 118  
pereaksi  
Fehling 175  
Grignard 165, 166  
Lucas 165, 166  
ninhidrin 240  
xantoprotein 238  
 $PGE_1$  255, 256  
 $PGF_{1a}$  255, 256  
 $PGF_{2a}$  255, 256  
*pickling* 71, 72  
piridina 212  
pirola 213  
pirolisis 83  
pirometalurgi 116, 117, 119  
pita kestabilan 126, 127  
plasma 141  
polihidroksi 227  
polimer 222, 223  
sintetik 207  
termoplastik 222, 223  
termoset 222, 223  
polimerisasi  
anion 225  
kation 224  
adisi 223  
kondensasi 223, 225, 226  
polisakarida 230, 231  
polisiklik 207, 208, 209, 210  
pollusit 73, 74  
positron 126, 127, 128, 129, 130, 136  
potensial  
elektrode standar 38, 40, 41, 119  
oksidasi 37, 38, 53  
perbedaan 32, 37  
reduksi standar 38, 39, 41, 44, 50, 67, 68  
proses  
Bessemer 117  
Frasch 92, 93, 94  
Haber 93  
Hall 85

kontak 94  
Ostwald 93, 94  
solvay 78  
prostaglandin 255, 256  
prostalisin 257  
protein 233, 235, 236, 237, 238, 239  
  denaturasi 238  
proton 104, 126, 127, 128, 129, 130, 132

## R

radikal bebas 158, 200, 212, 223, 224  
*Radio Immuno Assay (RIA)* 136  
radioaktif 125, 126, 128, 129, 131, 132  
  peluruhan 126, 127, 128, 129  
  perunut 133  
rangkaian  
  dalam 34, 35  
  luar 34, 35, 37, 51  
reaksi  
  adisi 197, 199, 200, 250, 251, 253  
  berantai 138, 139, 140  
  eksoterm 119  
  eksotermal 200, 201  
  fisi 138, 139, 140  
  Friedel-craft 171, 176  
  fusi 138, 140, 141, 142  
  inti 130, 137, 138, 140  
  kesetimbangan 133, 183, 184  
  penyabunan 184, 250, 252, 258  
  redoks 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34  
  dalam suasana  
    asam 30, 31, 33  
    basa 32, 33  
  substitusi 157, 197, 199, 200, 210  
  sulfonasi 203, 210  
reaktor  
  nuklir 138, 139, 140, 141  
  pemiak 138  
reduktor 29, 30, 39, 40, 74, 75, 113  
  kuat 75, 113  
refluks 156, 252  
resonansi 196, 197  
rombik 92, 95  
ruby 84, 86  
rutil 111, 112

## S

sabun 184, 250, 252, 257, 258, 259, 260  
safir 84, 86  
*scan* 135, 136  
segienam datar 88

## sel

  elektrokimia 27, 33, 35, 36, 37, 41, 45  
  notasi 35, 36  
  volta 34, 36, 42, 45, 51, 54  
selulosa 229, 230  
semikonduktor 89, 90  
senyawa  
  amina 185, 186  
  antarhalogen 68, 69, 257  
  biner 71  
  hanus 252, 253  
  ionik 69, 106  
  kovalen 69, 84, 87  
sifat koligatif 1, 2, 14, 18, 19, 21  
silika 72, 88, 118  
silikat 73, 79, 82, 83, 88, 89, 118  
silikon ultramurni 90  
silvit 73  
sinar kosmik 137  
skintilasi 135  
smaltit 111, 114  
soda ash 77, 78  
spodumen 73, 74  
stereoisomer 235, 236  
stronsianat 79  
struktur  
  kuartener 235, 236  
  primer 235  
  sekunder 235, 236  
  tersier 235, 236  
subkritis 139  
sulfida 91, 93, 94

## T

tanur sembur 117, 118, 119  
teflon 72  
tegangan permukaan 3, 5, 260  
tekanan  
  osmotik 15, 16, 18, 20  
  uap larutan 4, 5, 6, 7, 8, 15  
tebaga *blister* 119  
terdelokalisasi 186, 187, 198  
terkalsinasi 118  
terlokalisasi 186, 187  
termit 86  
tes  
  Benedict 232  
  Biuret 239  
  Millon 239  
  Molisch 232  
  nitroprusida 239



Sakaguchi 240  
Tollen 175  
xantoprotein 242, 244  
tetrahedral 88, 108, 109  
titik beku 10, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 21  
    molal 10  
    penurunan 10, 11, 19, 21  
titik didih 8, 9, 11, 12, 14, 19, 21, 23  
    kenaikan 8, 9, 12, 21  
    molal 9  
titik tripel 13, 14, 15  
titrasi 73, 134, 251, 252, 253, 257  
    alkalimetri 251  
    asidimetri 252, 253  
    iodometri 253  
    radiometri 134  
triester 248, 249  
trigliserida 248, 251, 253, 254, 255  
trigonal planar 87  
trikarboksilat 179  
tromboksin 257

## U

unsur transisi 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 111

## V

vanadit 111, 113  
viskositas 63  
vitamin 131, 179, 256, 257

## W

witerit 79

## Z

zat

    aditif 204  
    antara 134, 179, 208  
    pelambat 224  
    penghambat 224  
    pengkelat 109  
    terlarut *nonvolatile* 5, 6, 10, 14

## Daftar Pustaka

- Association of Greek Chemists. 2003. *Preparatory Problems and Worked Solution*. 35<sup>th</sup> Edition. International Chemistry Olympiad. National and Kapodistrian University of Athens.
- Bodner, George, M., and Pardue, H. L. 1995. *Chemistry an Experimental Science*. 2<sup>nd</sup> Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Brady., and Humiston.1990. *General Chemistry*. 4<sup>th</sup> Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Briggs, J. G. R. *Science In Focus: Chemistry For GCE "N" Level*. 2<sup>nd</sup> Edition. Singapore: Longman.
- Brown, T.L., Lemay, H.E., and Bursten, B. E. 2000. *Chemistry: The Central Science*. 8<sup>th</sup> Edition. New Jersey: Prentice Hall International, Inc.
- Brown., Theodore, L., LeMay, H., Eugene., Bursten., and Bruce, E. 1997. *Chemistry*. 7<sup>th</sup> Edition. USA: Prentice-Hall International, Inc.
- Brum, G., Mc Kane, L., and Karp, G. 1994. *Biology: Exploring Life*. 2<sup>nd</sup> Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Campbell., and Mary K. 1995. *Biochemistry*. 2<sup>nd</sup> Edition. USA: Saunder College Publishing.
- Chang, R. 1994. *Chemistry*. 5<sup>th</sup> Edition. New York: Mc Graw–Hill, Inc
- Chang, R. 2002. *Chemistry*. 7<sup>th</sup> Edition. New York: Mc Graw–Hill, Inc.
- Crowd, M.A. 1991. *Kimia Polimer*. Penerjemaah: Harry Firman. Bandung: Penerbit ITB.
- Drews, F.K.M. 2000. *How to Study Science*. 3<sup>rd</sup> Edition. New York: Mc Graw–Hill.
- Ebbing, Darrel, D., and Wrighton., Mark, S. 1990. *General Chemistry*. 3<sup>rd</sup> Edition. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Fessenden dan Fessenden. 1989. *Kimia Organik*. Jilid 2. Penerjemaah: Hadyana Pudjaatmaka. Edisi ke-3. Jakarta: Erlangga.
- Fullick, A., and Fullick, P. 2000. *Heinemann Advanced Science: Chemistry*. 2<sup>nd</sup> Edition. Spain: Heinemann Educational Publisher.
- Graduate Record Examination (GRE). 2000. *Chemistry Test Practice Book*. Form GR0027. Educational Testing Service (ETS).
- Hutton, W. 2000. *Tropische Fruchte*. Verlag Periplus Edition. Singapore: Berkeley Books Pte. Ltd.
- James., Maria., Derbogolian., Maida., Bowen., Sholto., Raphael., Santana., Moloney., and Jennifer. *Chemical Connections*. 3<sup>rd</sup> Edition. Sidney: Jacaranda.
- Kau, T. K. 1996. *Bantuan Studi Lengkap SPM Kimia*. Penerjemaah: Sdn Sasbadi. Malaysia.
- Liana, L., dan Lasmi, K. 2002. Bimbingan Pemantapan Kimia: *Persiapan Ulangan Umum, Ujian dan SPMB*. Bandung: CV. Yrama Widya.
- Linder, and Maria, C (editor). 1985. *Biokimia, Nutrisi, dan Metabolisme*. Penerjemaah: Aminuddin Parakkasi. Jakarta: UI-Press.
- Malone, L.J. 1994. *Basic Concepts of Chemistry*. 4<sup>th</sup> Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Malone., and Leo, J. 1994. *Basic Concepts of Chemistry*. 4<sup>th</sup> Edition. New York: John Wiley and Sons.
- Mc Murry, J., and Fay, R. C. 2001. *Chemistry*. 3<sup>rd</sup> Edition. New Jersey: Pretice–Hall, Inc.
- McQuarrie., Donald, A., Rock., and Peter, A. *General Chemistry*. 2<sup>th</sup> Edition. New York: Freeman and Company.
- Millio, F.R. 1991. *Experiment in General Chemistry*. New York: Sauders College Publishing.
- Moelller., and Therald, *et. al*. 1989. *Chemistry with Inorganic Qualitative Analysis*. San Diego: Harcourt Brace Jovanovich Publisher.
- Moore, R., Clark, W.D., and Stern, K.R. 1995. *Botany*. Dubuque: Wm.C. Brown communications, Inc.
- Murov, S.B., and Stedjee. 2000. *Experiments and Exercises in Basic Chemistry*. 5<sup>th</sup> Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Olmsted, J., and Williams, G.M. 1997. *Chemistry: The Molecular Science*. 2<sup>nd</sup> Edition. Dubuque: Wim. C. Brown.

- Oxtoby, David, W., Nachtrieb., and Norman, H. 1987. *Principles of Modern Chemistry*. Philadelphia: Saunders Golden Sunburst Series.
- Pine., Stanley, H., Hendrickson., James, B., Cram., Donald, J., Hammond., and George, S. 1988. *Kimia Organik 2*. Penerjemaah: Roehyati Joedodibroto, Sasanti W dan Purbo Hadiwidjoyo. Edisi ke-4. Bandung: Penerbit ITB.
- Prescott., Christopher, N. 2000. *Chemistry: A Course for "O" Level*. 3<sup>rd</sup> Edition. Singapore: Federal Publication.
- Pusat Penerjemah FSUI. 1997. Jendela IPTEK: *Kimia*. Edisi Bahasa Indonesia. Jakarta: Balai Pustaka.
- Pusat Penerjemah FSUI. 1997. Jendela IPTEK: *Materi*. Edisi Bahasa Indonesia. Jakarta: Balai Pustaka.
- Retsu, S. R. (tanpa tahun). *Sougou Kagashi*. Tokyo: Keirinkan.
- Rosenberg, Jerome, L., Epstein., and Lawrence, M. *College Chemistry*. 1997. 8<sup>th</sup> Edition. Schaum's Outline Series. New York: McGraw-Hill.
- Ryan, L. 2001. *Chemistry For You*. Revised National Curriculum Edition For GCSE. Spain: Stanley Thornes (Publishers), Ltd.
- S, Johnson. 2005. 1001 Plus Soal dan Pembahasan Kimia: *Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru*. Jakarta: Erlangga.
- Sabirin, M. 1993. *Kimia Organik Dasar*. Proyek LPTK. FMIPA UGM. Depdikbud.
- Sevenair, J.P., and Burkett, A.R. 1997. *Introductory Chemistry*. 1<sup>st</sup> Edition. Dubuque: Wm.C.Brown Communications, Inc.
- Sunarya, Y. 2003. Kimia Dasar I: *Berdasarkan Prinsip-prinsip Terkini*. Edisi ke-1. Bandung: Gracia Indah Bestari.
- Sunarya, Y. 2003. Kimia Dasar II: *Berdasarkan Prinsip-prinsip Terkini*. Edisi ke-1. Bandung: Gracia Indah Bestari.
- Toon, T. Y. 1985. Kimia Lengkap SPPM. Seri Peperiksaan. Kuala Lumpur: Fajar Bakti SDN.
- Tim Penerjemah. 1995. Oxford Ensiklopedi Pelajar: *Biografi*. Jilid 9. Edisi Bahasa Indonesia. Jakarta: PT. Widyadara.
- Zumdahl., and Steven, S. *Chemistry*. 1989. 2<sup>nd</sup> Edition Lexington: D. C Heath and Company .

#### Sumber Lain:

- |   |  |
|---|--|
| <i>Microsoft Encarta: Reference Library</i> , 2005                        | <a href="http://www.mpbdp.org">www. mpbdp.org</a>                      |
| <a href="http://www.amadeo.blog.com">www. amadeo. blog. com</a>           | <a href="http://www.news.harvard.edu">www. news, harvard. edu</a>      |
| <a href="http://www.autotumnwindz.com">www. autotumnwindz. com</a>        | <a href="http://www.nobelpriza.org">www. nobelpriza. org</a>           |
| <a href="http://www.bairnet.com">www. bairnet. com</a>                    | <a href="http://www.nusaweb.com">www. nusaweb. com</a>                 |
| <a href="http://www.canamplastics.com">www. canamplastics. com</a>        | <a href="http://www.olgastift.s.bw">www. olgastift.s.bw</a>            |
| <a href="http://www.cd.teksfiles.com">www. cd. teksfiles. com</a>         | <a href="http://www.oklahomafood.com">www. oklahomafood. com</a>       |
| <a href="http://www.come.to/Vcheung">www. come. to/Vcheung</a>            | <a href="http://www.uned.es">www. uned. es</a>                         |
| <a href="http://www.eric.Pukenoodles.com">www. eric. Pukenoodles. com</a> | <a href="http://www.und.edu">www. und. edu</a>                         |
| <a href="http://www.gourmentsleuth.com">www. gourmentsleuth. com</a>      | <a href="http://www.uni.regensburg.com">www. uni. regensburg. com</a>  |
| <a href="http://www.ihsc.on.ca">www. ihsc. on. ca</a>                     | <a href="http://www.wingscorp.com">www. wingscorp. com</a>             |
| <a href="http://www.ironorchid.com">www. ironorchid. com</a>              | <a href="http://www.wikipedia.org">www. wikipedia. org</a>             |
| <a href="http://www.iws.ccccd.edu">www. iws. ccccd. edu</a>               | <a href="http://www.vancouverstider.com">www. vancouverstider. com</a> |





ISBN 978-979-068-721-9 (No. Jld lengkap)  
ISBN 978-979-068-724-0

**Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 tahun 2007 tanggal 25 Juni 2007 Tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran Yang Memenuhi Syarat Kelayakan Untuk Digunakan Dalam Proses Pembelajaran.**

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp.19.184,-